

Inhoud

Hoofdstuk 1. Meetstation algemeen

1. Inleiding 1 – 1
2. Variabelen 1 – 3
3. Soort waarneemstation 1 – 5
4. Conditie met betrekking tot de inrichting van het meetterrein van een weerstation 1 – 7
5. Ruimtelijke verdeling van de meetstations en de representativiteit van de waarnemingen 1 – 9
6. Procedures met betrekking tot inspectie, onderhoud en beheer van een weerstation 1 – 11
 - 6.1 inspectie 1 – 11
 - 6.2 technisch onderhoud 1 – 11
 - 6.3 toezicht 1 – 11

Referenties 1 – 13

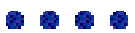
Bijlage 1 Schets automatisch weerstation 1 – 15

Bijlage 2 Kaart Nederlandse weerstations en neerslagstations 1 -17

Bijlage 3 Nederlandse weerstations 1 – 19

Bijlage 4 Nederlandse neerslagstations (ca. 325 handregenmeters) 1 - 21





1. Meetstation algemeen

1.1 Inleiding

Missie KNMI:

(Uit KNMI-brochure “KNMI, meer dan weer”, augustus 1999)

“ Het KNMI is onderdeel van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat in de vorm van agentschap en telt ongeveer vijfhonderd medewerkers. Het instituut richt zich als het nationale kenniscentrum op het gebied van weer, klimaat en seismologie volledig op publieke taken:

- *weersverwachtingen en waarschuwingen*
- *monitoren van het klimaat*
- *inwinnen en leveren van meteorologische data en infrastructuur*
- *modelontwikkeling*
- *luchtvaartmeteorologie*
- *wetenschappelijk onderzoek*
- *publieksvoorlichting “*

Bovenvermelde taken zijn verdeeld over een aantal sectoren binnen het KNMI. Een van de sectoren is Waarnemingen en Modellen. De missie van deze sector is als volgt geformuleerd:

(Uit “Sectorplan WM2000”, april 2000)

“De sector Waarnemingen en Modellen (WM) is verantwoordelijk voor de beschikbaarstelling van de meteorologische basisgegevens en voor de klimatologische voorlichting, aan zowel interne als externe afnemers.

De meteorologische basisgegevens, zowel aktueel als historisch, omvatten:

- *waarnemingen, verkregen door meting, door visuele waarneming, via remote sensing of ingewonnen uit externe bronnen*
- *uitvoer van atmosferische en oceanografische modellen, verkregen door verwerking van eigen modellen of verkregen van buitenlandse instituten.*

Daarnaast ontwikkelt de sector gebruikersspecifieke toepassingen en modellen ter verwerking van de basisgegevens.

Om de kwaliteit van de produkten naar internationale maatstaven te waarborgen en moderne ontwikkelingen te blijven volgen en implementeren wordt binnen de sector WM het nodige onderzoek en ontwikkelwerk (R&D) uitgevoerd. Hiermee onderhoudt de sector WM de benodigde kennis en expertise op het gebied van de basisgegevens en hun toepassingen.

De sector WM stelt deze kennis en expertise beschikbaar aan zowel interne als externe afnemers.”

Voorvloeiend uit bovenbeschreven missies en taakstellingen worden door het KNMI Meteorologische Waarnemingen verricht. Deze zijn noodzakelijk om iets te weten te komen over het weer en het klimaat.



In dit verband kunnen genoemd worden:

- synoptische meteorologie;
- waarschuwing bij gevaarlijk weer, bijvoorbeeld storm, zware windstoten, zware neerslag, onweer, hagel, sneeuw, ijzel, extreem hoge of lage temperaturen (ad hoc);
- waarschuwing voor gezondheidsrisico's bij bepaalde weersituaties, bij voorbeeld luchtverontreiniging, hoge UV-instraling, e.d. (ad hoc);
- maritieme berichtgeving;
- luchtvaartmeteorologie en -klimatologie;
- inwinnen data t.b.v. klimatologie en verleden weer analyses (bijv. voor weerreconstructies in geval van schade of calamiteiten);
- inwinnen data t.b.v. analyse en verificatie modellen (Hirlam, golfmodellen, statistische modellen, e.d.).

Het Nederlandse meetnet omvat apparatuur van het KNMI, de Koninklijke Luchtmacht (Klu), de Koninklijke Marine (KM) en Rijkswaterstaat (RWS). Het meetnet bestaat uit ca. 55 weerstations op het land en op de Noordzee. Op deze stations worden waarnemingen en (automatische) metingen verricht van weervariabelen. Daarnaast beschikt het KNMI over een apart meetnet van meer dan 320 stations, waar vrijwillige waarnemers dagelijks actief zijn met het meten van neerslag. Voorts heeft het KNMI de beschikking over een 220 meter hoge mast in Cabauw ten behoeve van meteorologische waarnemingen in de grenslaag van de atmosfeer. Op de KNMI-vestiging in De Bilt worden radiosondes aan weerballonnen opgelaten voor metingen in de hogere luchtlagen. De waarnemstations en het instrumentarium voldoen aan de eisen die de overkoepelende Wereld Meteorologische Organisatie (WMO) stelt (ref.3, 4, 5). De KNMI-afdeling Meetsystemenbeheer MSB en een team van stationsinspecteurs bewaken de kwaliteit van de waarnemingen door regelmatige toetsing van meetapparatuur en de omgeving van de meetlocatie. De waarneemdata wordt zorgvuldig geverifieerd, gevalideerd, opgeslagen en bewerkt voor vele toepassingen.

1.2 Variabelen

Het KNMI verricht waarnemingen waaruit de waarden c.q. codes met betrekking tot de volgende weervariabelen kunnen worden vastgesteld:

- Temperatuur(diverse hoogtes boven aard- of zeeoppervlak)
- Atmosferische druk of luchtdruk
- Vochtigheid of relatieve vochtigheid, dauwpuntstemperatuur
- Windsnelheid en -richting
- Neerslag (hoeveelheid en duur), sneeuwdek
- Zonnestraling(kortgolvig, UV-a, UV-b, zonneschijnduur)
- Horizontaal zicht
- Verdamping
- Bodemvocht, bodemtemperatuur (diverse dieptes)
- Bovenlucht druk, temperatuur, vochtigheid
- Bovenlucht wind
- Weersgesteldheid (present weather, past weather)
- Wolken (typen, soorten, hoogte) en bedekkingsgraad
- Ozon
- Samenstelling atmosfeer
- Zeewatertemperatuur
- Zeegolven en deining (hoogte, richting, periode)
- Bliksem

De waarnemingen zijn in het algemeen “ground based” dat wil zeggen vinden plaats op of aan het aardoppervlak c.q. zeeoppervlak. Een aantal weervariabelen (temperatuur, relatieve vochtigheid, wind, druk, e.a.) wordt ook op grotere hoogten gemeten:

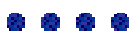
- met behulp van ballonoplatingen en radiosonde (tot meer dan 15 km hoogte);
- op diverse niveaus aan de meetmast van Cabauw (tot 200 m hoogte).

Meteorologische waarnemingen vinden in principe continu plaats, waarbij de waarneemfrequentie kan variëren van een fractie van een seconde tot periodes van 24 uur.

Waarnemingen geschieden met behulp van instrumenten, handmatig, visueel of auditief. Bij een aantal weervariabelen wordt een waarde niet rechtstreeks vastgesteld, maar afgeleid uit andere, wel rechtstreeks waargenomen c.q. gemeten variabelen.

Voorbeelden zijn verdamping(berekend uit temperatuur en globale zonnestraling), dauwpuntstemperatuur (berekend uit temperatuur en relatieve vochtigheid), zonneschijnduur (berekend uit globale kortgolvrige straling).

Belangrijke weersinformatie wordt verkregen door middel van remote sensing technieken (bijv. radarsystemen ten behoeve van detectie buien), satellietwaarnemingen, waarnemingen vanaf schepen ca 200 schepen onder nederlandse vlag, metingen op zeeboeien en waarnemingen vanaf vliegtuigen (AMDAR's). Hoewel het in alle genoemde gevallen gaat om waarnemingen die onder verantwoordelijkheid van het KNMI geschieden of waar het KNMI (mede) bij betrokken is c.q. gebruik van maakt, valt de beschrijving van een en ander vooralsnog buiten het bestek van dit handboek.



1.3 Soort waarnemstation

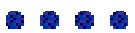
Het waarnemnet van het KNMI (Nederland, Noordzee) omvat de volgende typen meteorologische stations:

- a) Bemand weerstation: visuele en instrumentele waarnemingen;
- b) Automatisch weerstation (AWS): uitsluitend instrumentele waarnemingen;
- c) Windpaal: instrumentele waarnemingen van uitsluitend windrichting en snelheid;
- d) Meetmast Cabauw: instrumentele waarnemingen op diverse hoogtes tot 200 m.
- e) neerslagstations: (handmatige) waarnemingen neerslaghoeveelheid en sneeuwdek;
- f) bliksemdetectiemasten: waarnemingen van onweersontladingen.

Kenmerkend voor een meteorologisch station is, dat aldaar de betrokken variabelen met regelmaat worden gemeten c.q. waargenomen ten einde een (real time) beeld te krijgen van de actuele weersituatie in deze regio. De waarnemgegevens van een weerstation worden op het KNMI in De Bilt ingezameld, gevalideerd (op basis van vastgelegde, objectieve procedures) en systematisch gearhiveerd met het oog op latere analyses van specifieke gebeurtenissen en voor klimatologische doeleinden. Tevens wordt een selectie van de gegevens gebruikt voor analyse en verificatie van operationele weermodellen.

Het KNMI-net omvat nog een aantal stations alwaar ook (continu) metingen van weervariabelen plaatsvinden doch uitsluitend ten behoeve van specifiek lokale doeleinden:

- automatische weerstations op vliegvelden ten behoeve van metingen zicht, wolkenhoogte, wind, temperatuur, vochtigheid, druk, e.d.;
- automatische weerstations op een aantal kilometers afstand van luchthaven Schiphol, de zogeheten mistpoststations, ten behoeve van metingen van zicht, windsnelheid en -richting, temperatuur en relatieve vochtigheid.



1.4 Conditie met betrekking tot de inrichting van het meetterrein van een weerstation

De volgende condities met betrekking tot de inrichting van het meetterrein van een weerstation worden gesteld:

- a) Indien sprake is van een “bemand station”, waar dus zowel visuele als instrumentele waarnemingen plaatsvinden, dan dienen al deze waarnemingen in principe op dezelfde geografische locatie en waarnemingshoogte te geschieden. De onderlinge afstand van eventueel afzonderlijke waarnemingslocaties op één station is in principe niet meer dan maximaal 500 meter (uitzonderingen op gronden van infrastructurele aard o.m. lucht havens). Deze conditie is vereist teneinde de realisatie van een synoptisch weerbeeld (waarin alle variabelen in principe onderling samenhangen) te waarborgen.
- b) De meetinstrumenten bij een “bemand station”, c.q. in een “Automatisch waarnemingsstation” worden vanwege bovengenoemd criterium, “ waarnemingen in principe op dezelfde geografische locatie en waarnemingshoogte”, op een beperkt oppervlak geïnstalleerd. Gelet op de vereiste infrastructurele voorzieningen, alsmede de kosten van het kavel heeft een meetterrein een oppervlakte van 225 à 300 m². De onderlinge afstand van de afzonderlijke meetinstrumenten en de spreiding ervan over het meetterrein is zodanig dat de metingen van alle weervariabelen in samenhang, adequaat en conform de specifieke eisen kunnen worden uitgevoerd. Deze voorwaarde betreft ook de 10 meter windmast, die op of direct naast het meetterrein is gesitueerd. Bij een aantal meetstations van het KNMI is de windmast op enige afstand van het meetterrein geplaatst vanwege de (te) grote windspecifieke ruwheid in de directe omgeving van het meetterrein. Deze afstand tot het meetterrein is echter in principe niet groter dan 500 meter.
- c) Het binnengedeelte van het meetterrein is volkomen vlak, behoudens het talud rondom de put voor de neerslagmetingen. Het terrein is bedekt met kort gras (hoogte ≥ 4 cm en ≤ 10 cm). In het bijzonder is deze eis van toepassing op de directe omgeving van de sensor voor waarneming van de 10 cm temperatuur. In de periode april - september zal tenminste 1x per week gemaaid moeten worden, wat neerkomt op ongeveer 28 maaibeuren per grasperiode.
- d) Een meetterrein is omheind met een hekwerk om onbevoegden te weren. De omheining is, afhankelijk van de locatie, een transparant hekwerk. De mazen zijn (minimaal) 20 cm² en de hoogte van het hek is maximaal 2 m. Deze maten zijn vereist om de metingen zo min mogelijk door het hekwerk te laten beïnvloeden.
- e) De situering van de meetinstrumenten binnen het terrein is zodanig te zijn dat de instrumenten elkaar niet verstoren.

Voorbeelden:

- De stralingsmeter behoeft een vrije zonnebaan, bij de opstelling van de andere instrumenten zal daar dus rekening mee moeten worden gehouden.
- De neerslagmeting is gevoelig voor obstakels in de directe omgeving (zie betreffende hoofdstuk). Het verdient daarom de voorkeur de meetapparatuur voor de neerslagmetingen zo ver mogelijk vanaf het hekwerk en andere meetinstrumenten te situeren met name vanaf de windmast.

De nabije omgeving van het meetterrein moet vrij zijn objecten die de metingen kunnen beïnvloeden. Dit geldt ook voor mobiele obstakels, bij voorbeeld geparkeerde of passerende auto's, hijskranen, taxiënde, landende of



opstijgende vliegtuigen, e.d..

Het KNMI hanteert de volgende richtlijnen:

- op het gebied met een straal van 25 meter rondom het meetterrein mogen geen gewassen en/of beplantingen worden geteeld c.q. geplaatst die een hoogte van 0,5 m te boven gaan;
- op het gebied met een straal van 50 meter rondom het meetterrein mogen geen gewassen en/of beplantingen worden geteeld c.q. geplaatst die een hoogte van 1,5 m te boven gaan;
- op het gebied met een straal van 100 meter rondom het meetterrein mogen geen obstakels zoals bomen en struiken worden geplaatst;
- op het gebied met een straal van 400 meter rondom het waarneemterrein mogen geen obstakels zoals schuren of andere gebouwen of bossen worden aangelegd.

De condities met betrekking tot de typen waarneemstations windmast, specifieke neerslagstations en bliksemdetectiemast worden beschreven in de desbetreffende hoofdstukken van het Handboek.

1.5 Ruimtelijke verdeling van de meetstations en de representativiteit van de waarnemingen

Bepalend voor de mate van representativiteit van de waarnemingen is de doelstelling “het verkrijgen van adequate informatie over weer en klimaat (grootschalig, lokaal)”.

Voorbeelden:

- a) Synoptische waarnemingen hebben mede tot doel grootschalige weersystemen in kaart te kunnen brengen (real time en voor klimatologie). Tevens vormen zij de basis voor een adequate analyse en verificatie van de operationele weermodellen. Deze criteria bepalen in sterke mate de ruimtelijke verdeling van de waarneemlokaties over ons land en het continentale plat, inclusief de keuze van de te meten elementen in het meetnet.
- b) In internationale voorschriften wordt gesteld dat de windwaarnemingen (snelheid, richting) op een luchthaven representatief moeten zijn voor de touchdown zone van een landingsbaan (ref. 6). In de praktijk betekent dit dat de windmetingen geschieden op zo kort mogelijke afstand van dit punt op de baan (100 à 200 meter).

De verdeling en de onderlinge afstand van de meetpunten windsnelheid en richting in Nederland zijn gebaseerd op statistisch onderzoek van Wieringa (ref.1). Uit dit onderzoek bleek dat in een homogeen landschap een windsnelheids- gradiënt van 5% over een afstand van 30 km in slechts 10 % van de gevallen wordt overschreden. Deze nauwkeurigheid geldt als adequaat voor het realiseren van een ruimtelijke beschrijving van het windgedrag en -klimaat in Nederland door middel van interpolatie. Een en ander impliceert een grid van het windmeetnet met een diagonaal van $2 \times 30\text{ km} = 60\text{ km}$. Aan de kust (Noordzee, Waddenzee, IJsselmeer) en in een meer heterogeen landschap (Zeeuwse wateren, Limburg) is een fijner grid noodzakelijk.

Uiteindelijk is het huidige meetnet geconcretiseerd op basis van onderstaande aspecten:

- a) het voorstel van Buishand ten aanzien van de keuze van de te meten variabelen in het waarneemnet (ref.2);
- b) de bovenbeschreven “Wieringa-norm” voor windmetingen;
- c) het KNMI-beleid om te streven naar standaardisatie van de meetstations;
- d) specifiek lokale eisen.

Bij noodzakelijke verplaatsing van een station is de nieuwe lokatie zodanig gesitueerd dat met bovenstaande aspecten rekening is gehouden.

De ruimtelijke verdeling is hierbij niet verstoord. In de praktijk betekent deze eis dat, mede afhankelijk van het type landschap, een nieuwe lokatie op een hemelsbrede afstand van bij voorkeur niet meer dan ca. 5 km van de oude lokatie zal zijn.

Teneinde de representativiteit van de metingen voor grootschalig gebruik (synoptische meteorologie, klimatologie) te garanderen, mogen de waarnemingen in de directe omgeving (straal van 500 meter rond het meetterrein) niet verstoord worden door specifiek lokale objecten.

Binnen deze straal is voor ieder meetstation het type omgeving en de terreinruwheid in alle richtingen homogeen en consistent (ter beoordeling van de inspecteur).

Uitzonderingen zijn de stations aan de kust. Bij deze stations is sprake van 2 omgevingssectoren: “wateroppervlak” en een “landoppervlak”.



Met betrekking tot de afzonderlijke sectoren geldt wel de bovengeduide eis van homogeniteit en consistentie.

De hoeveelheid en intensiteit van de neerslag kunnen bij onstabiele atmosferische omstandigheden zeer sterk lokaal bepaald zijn. Het meetnet voor dit element vereist daarom een veel grotere dichtheid: ruwweg 1 neerslagstation per 100km². De representativiteit en landelijke verdeling van de specifieke neerslagstations wordt beschreven in het hoofdstuk neerslag.

1.6 Procedures met betrekking tot inspectie, onderhoud en beheer van een weerstation

6.1 Inspectie

Een weerstation wordt minimaal tweemaal per jaar bezocht door een inspecteur van de afdeling Operationele Waarnemingen (ow) van het KNMI (velden Koninklijke Luchtmacht en de meetstations op de Noordzee eenmaal per jaar). Deze voert de inspectie uit conform procedures die zijn vastgesteld door WM/ow en aldaar worden bewaakt. Met name wordt gecontroleerd of de meetomstandigheden voldoen aan de hierboven en per element gestelde condities. Onder meer de volgende zaken passeren de revue:

- Hoe is de verzorging van het meetterrein (o.a. het bijhouden van het gras en het verwijderen van eventueel onkruid, e.d.), van de meetopstellingen, de sensoren.
- Wat is de (ontwikkeling van de) omgeving van het waarneemterrein: begroeiing, gebouwen, andere obstakels.
- Hoe functioneren de operationele sensoren: is er een eventuele afwijking van de meetwaarden ten opzichte van de gelijktijdig door een (gecalibreerde) testsensor geregistreerde waarden.

Zo nodig vindt ad hoc, op aangeven van gebruikers van waarnemingen, een tussentijdse (deel-) inspectie plaats.

Naar aanleiding van de bevindingen tijdens het inspectiebezoek wordt Insa/Meetsystemen Beheer (MSB) opgedragen de eventueel noodzakelijke acties te ondernemen.

Tevens stelt de inspecteur van ow een inspectierapport op dat ter informatie wordt toegezonden aan betrokkenen.

6.2 Technisch onderhoud

De afdeling Insa/MSB is verantwoordelijk voor het technisch beheer en onderhoud van SIAM (ref. 7) en instrumenten in een weerstation. Belangrijke aspecten in dit verband zijn:

- vervanging van de sensoren voordat hun ijktermijn verloopt;
- vervanging, c.q. reparatie van sensoren en andere apparatuur indien de statuscontrole in de SIAM daartoe aanleiding geeft;
- vervanging, c.q. reparatie van sensoren en andere apparatuur op indicatie van een inspecteur Stationsbeheer WM/ow, c.q. gebruikers (m.n. WM/KD, WA) via Stationsbeheer WM/ow;
- status van het weerstation volgens de normen van de CCM-werkgroep "Synoptisch Waarneemnetwerk Nederland" : primair, secundair, additioneel (ref.8);


Na uitvoering van genoemde acties rapporteert Insa/MSB terug aan Stationsbeheer WM/ow (die vervolgens de gebruikers in kennis stelt).

6.3 Toezicht

Het toezichthouden op een weerstation wordt (in principe dagelijks) verzorgd door de eigenaar van het waarneemterrein (burgerluchthaven, agrariër, Koninklijke Luchtmacht, Koninklijke Marine, enz.). Eventueel delegeert de eigenaar dit toezicht aan een in de buurt wonende particulier of firma.

Belangrijke aspecten in dit verband zijn:

- het onderhoud van het terrein (grasmaaien, verwijderen onkruid, e.d.);
- het schoonhouden van de instrumenten (verwijderen eventuele vuilaanslag of rijp op de stralingsmeter, verwijderen vuil of steentjes uit de inlaat van de neerslagmeter, schoonhouden van de neerslagmelder, schoonvegen van de schotels op de temperatuurmeters en vochtigheidsmeter, enz.);

- 
- toezichhouden in verband met eventueel ongewenst bezoek of vandalisme;
 - alert zijn op eventuele veranderingen in de omgeving (nieuwbouw, beplanting, e.d.) en dit direct melden aan Stationsbeheer WM/OW.

Met de daartoe aangestelde functionarissen zijn (contractueel vastgestelde) afspraken gemaakt inzake de vereiste activiteiten.



Referenties

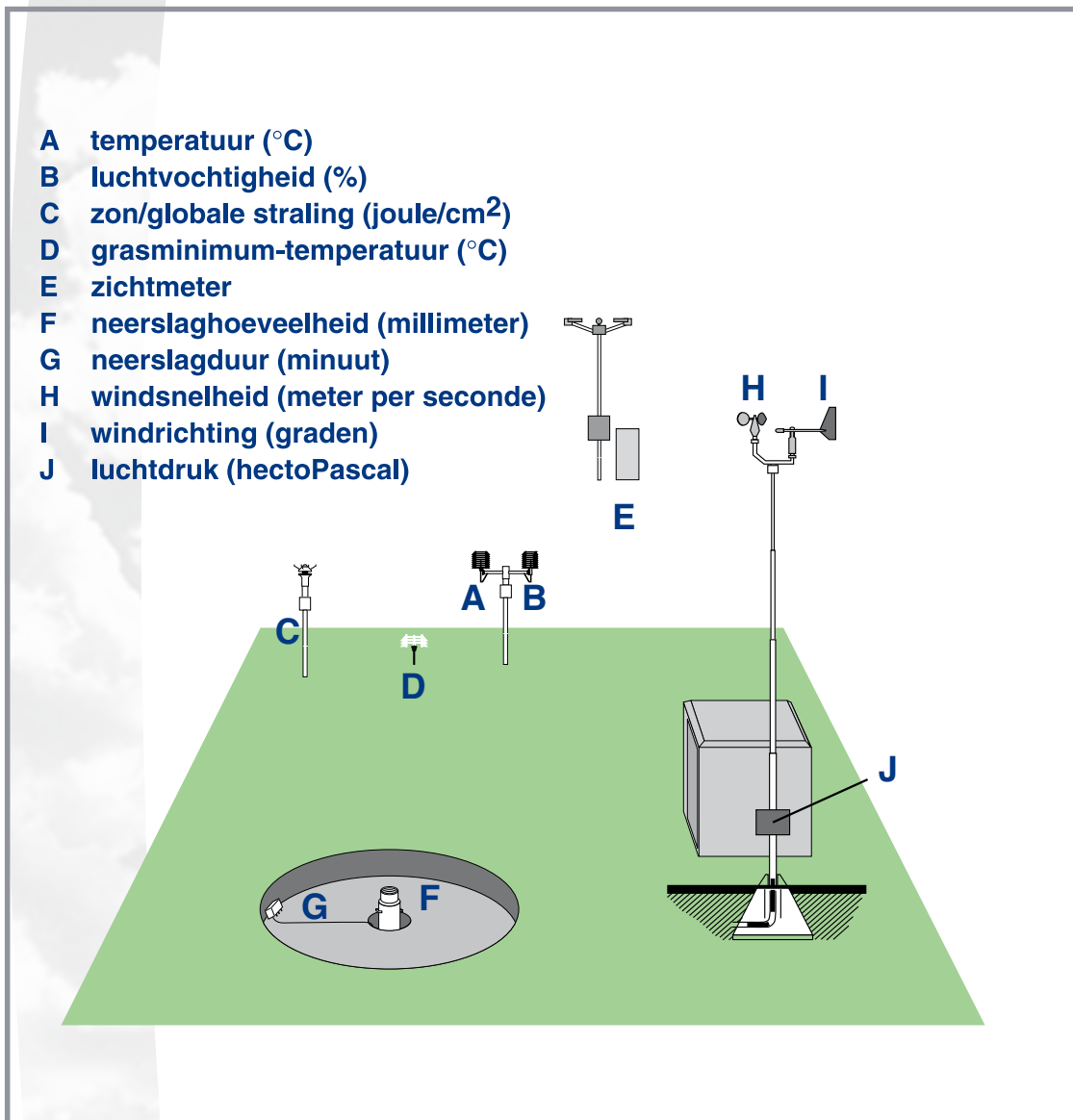
- 1) J.Wieringa, Inrichting van het Knmi-windmeetnet, KNMI-memo 75-652 (unpublished manuscript), november 1975 (i.h.b. par. 5, pag. 15 en 16);
- 2) T.A.Buishand, Keuze van te meten elementen in het voorgestelde netwerk van synoptische en klimatologische landstations, KNMI-document (unpublished manuscript), november 1987 (par. 2);
- 3) World Meteorological Organization, 1996: WMO-No. 8, Guide to meteorological instruments and methods of observations, 6th edition, 1996 (i.h.b. Hoofdstuk 3); WMO, Genève, 1996.
- 4) World Meteorological Organization, 1973, International Meteorological Tables, WMO-No. 188 in het bijzonder tabel 3.9 over ICAO standaardatmosfeer); WMO, Genève, 1973.
- 5) Statement of operational accuracy requirements of level II data, according to WMO codes SYNOP, SHIP, METAR and SPECI; Annex X van WMO no.807 (CIMO XI)
- 6) International Civil Aviation Organization 1998: Meteorological Service for International Air Navigation, International Standards and Recommended Practices, Annex 3 to the Convention on International Civil Aviation, 13th edition; ICAO, Montreal, Canada, 1998.
- 7) KNMI 1997: X-SIAM-specificatie, J.R.Bijma, KNMI-Insa, KNMI-document, Insa Documentnummer ID-30-015; KNMI, De Bilt, 1997.
- 8) Eindrapportage CCM-werkgroep "Synoptisch Waarneemnetwerk Nederland", De Bilt, november 1996.



Bijlage 1

Schets automatisch weerstation (voorbeeld: Stavoren)

- A temperatuur (°C)
- B luchtvochtigheid (%)
- C zon/globale straling (joule/cm²)
- D grasminimum-temperatuur (°C)
- E zichtmeter
- F neerslaghoeveelheid (millimeter)
- G neerslagduur (minuut)
- H windsnelheid (meter per seconde)
- I windrichting (graden)
- J luchtdruk (hectoPascal)





Bijlage 2

Kaart Nederlandse weerstations en neerslagstations





Bijlage 3

Nederlandse weerstations


WMO-nr	Naam	N.B.	O.L.
06210	Valkenburg	52°11'	04°25'
06225	IJmuiden	52°28'	04°34'
06229	Texelhors	53°00'	04°43'
06235	De Kooy	52°55'	04°47'
06239	F-3	54°51'	04°44'
06240	Schiphol	52°18'	04°46'
06242	Vlieland LH	53°15'	04°57'
06247	Bloemendaal	52°25'	04°33'
06248	Wijdenes	52°38'	05°10'
06249	Berkhout	52°39'	04°59'
06250	Terschelling	53°22'	05°13'
06251	Hoorn Terschelling	53°23'	05°21'
06252	K13/A	53°13'	03°13'
06254	Meetpost Noordwijk	52°16'	04°18'
06260	De Bilt	52°06'	05°11'
06265	Soesterberg	52°08'	05°17'
06267	Stavoren	52°53'	05°23'
06268	Houtribsluizen	52°32'	05°26'
06269	Lelystad	52°27'	05°32'
06270	Leeuwarden	53°13'	05°46'
06271	Stavoren Haven	52°53'	05°21'
06273	Marknesse	52°42'	05°53'
06275	Deelen	52°04'	05°53'
06277	Lauwersoog	53°25'	06°12'
06278	Heino	52°26'	06°16'
06279	Hoogeveen	52°44'	06°31'
06280	Eelde	53°08'	06°35'
06283	Hupsel	52°04'	06°39'
06285	Huibengat	53°34'	06°24'
06286	Nieuw Beerta	53°12'	07°09'
06290	Twenthe	52°16'	06°54'
06308	Cadzand	51°23'	03°23'
06310	Vlissingen	51°27'	03°36'
06311	Hoofdplaat	51°23'	03°40'
06312	Oosterschelde	51°46'	03°37'
06313	Vlakte vd Raan	51°30'	03°15'
06315	Hansweert	51°27'	04°00'
06316	Schaar	51°39'	03°41'
06319	Westdorpe	51°14'	03°50'
06320	LE Goeree	51°56'	03°40'
06321	Euro Platform	52°00'	03°17'
06323	Wilhelminadorp	51°32'	03°54'
06324	Stavenisse	51°36'	04°00'
06330	Hoek v Holland	51°59'	04°06'
06331	Tholen	51°31'	04°08'
06340	Woensdrecht	51°27'	04°20'
06343	Geulhaven	51°53'	04°19'
06344	Zestienhoven	51°57'	04°27'




06348	Meetmast Cabauw	51°58'	04°56'
06350	Gilze Rijen	51°34'	04°56'
06356	Herwijnen	51°52'	05°09'
06370	Eindhoven	51°27'	05°25'
06375	Volkel	51°39'	05°42'
06377	Ell	51°12'	05°46'
06380	Zuid Limburg	50°55'	05°47'
06391	Arcen	51°30'	06°12'

WMO-nr.	Stationsnaam	Temperatuur (1,5m)	Temperatuur (0,1m)	Atmosferische druk	Vochtigheid	Wind (snelheid)	Wind (richting)	Neerslag (hoeveelheid)	Neerslag (duur)	Straling (globale)	Zicht	Bodemtemperatuur	Weather (present, past), toestand grond	Wolken en bedekkingsgraad
06210	Valkenburg													
06225	IJmuiden													
06229	Texelhors													
06235	De Kooy													
06239	F-3													
06240	Schiphol													
06242	Vlieland													
06247	Bloemendaal													
06248	Wijdenes													
06249	Berkhout													
06250	Terschelling													
06251	Hoon Terschelling													
06252	K13/A													
06254	Meetpost Noordwijk													
06260	De Bilt													
06265	Soesterberg													
06267	Stavoren													
06268	Houtribsluizen													
06269	Lelystad													
06270	Leeuwarden													
06271	Stavoren Haven													
06273	Marknesse													
06275	Deelen													
06277	Lauwersoog													
06278	Heino													
06279	Hoogeveen													
06280	Eelde													
06283	Hupsel													
06285	Huibertsgat													
06286	Nieuw Beerta													
06290	Twenthe													
06308	Cadzand													
06310	Viissingen													
06311	Hoofdplaat													
06312	Oosterschelde													
06313	Vlakte van de Raan													
06315	Hansweert													
06316	Schaar													
06319	Westdorpe													
06320	LE Goeree													
06321	Euro platform													
06323	Wilhelminadorp													
06324	Stavenisse													
06330	Hoek van Holland													
06331	Tholen													
06340	Woensdrecht													
06343	Geulhaven													
06344	Zestienhoven													
06348	Meetmast Cabauw													
06350	Gilze Rijen													
06356	Herwijnen													
06370	Eindhoven													
06375	Volkel													
06377	Eil													
06380	Zuid Limburg													
06391	Arcen													



 automatisch visueel

 automatisch: niet in SYNOP, wel sensor visueel en automatisch (als bemanning afwezig)



Bijlage 4

Nederlandse neerslagstations (ca. 325 handregenmeters)

Nummer	Naam	NB	OL
N680	Aalten	51°55'	6°34'
N458	Aalsmeer	52°16'	4°46'
N572	Abcoude	52°16'	4°59'
N089	Akkrum	53°03'	5°49'
N664	Almelo	52°21'	6°40'
N678	Almen	52°09'	6°18'
N560	Amerongen	51°60'	5°27'
N910	Ammerzoden	51°45'	5°13'
N441	Amsterdam	52°22'	4°55'
N835	Andel	51°47'	5°03'
N171	Anjum	53°23'	6°08'
N068	St Anna Parochie	53°17'	5°40'
N227	Anna Paulowna	52°52'	4°50'
N744	Anna Jacobapolder	51°38'	4°07'
N905	St Anthonis	51°38'	5°53'
N543	Apeldoorn	52°14'	5°58'
N069	Appelscha	52°58'	6°21'
N923	Arcen	51°29'	6°11'
N541	Arnhem	51°60'	5°56'
N140	Assen	53°00'	6°36'
N461	Barendrecht	51°52'	4°32'
N580	Barneveld	52°09'	5°34'
N573	Beekbergen	52°10'	5°57'
N973	Beek	50°56'	5°49'
N561	Benschop	52°00'	4°56'
N832	Bergen Op Zoom	51°30'	4°15'
N234	Bergen	52°41'	4°41'
N087	Bergumerdam	53°11'	6°01'
N453	Bergschenhoek	51°59'	4°29'
N210	Beverwijk	52°29'	4°40'
N366	Biddinghuizen	52°30'	5°40'
N738	Biervliet	51°20'	3°41'
N550	De Bilt Universiteitsweg	52°06'	5°11'
N353	Blokzijl	52°44'	5°57'
N447	Den Bommel	51°43'	4°17'
N669	Borculo	52°06'	6°30'
N442	Boskoop	52°05'	4°41'
N907	Boxtel	51°35'	5°20'
N705	Breskens	51°24'	3°33'
N464	Brielle	51°54'	4°09'
N736	Brouwershaven	51°44'	3°53'
N974	Buchten	51°03'	5°48'
N017	Den Burg	53°03'	4°48'
N763	Cadzand	51°22'	3°24'
N021	Callantsoog	52°50'	4°42'
N844	Capelle	51°41'	4°59'
N235	Castricum	52°33'	4°39'
N834	Chaam	51°30'	4°52'
N019	De Cocksdorp	53°09'	4°52'

N549	Culemborg	51°56'	5°13'
N354	Dedemsvaart	52°36'	6°27'
N591	Deelen	52°04'	5°54'
N449	Delft	52°01'	4°22'
N141	Delfzijl	53°19'	6°56'
N331	Denekamp	52°23'	7°02'
N908	Deurne	51°27'	5°46'
N677	Deventer	52°16'	6°10'
N911	Dinther	51°39'	5°29'
N462	Dirksland	51°45'	4°05'
N667	Doetinchem	51°59'	6°18'
No67	Dokkum	53°20'	5°60'
N509	Doorn	52°03'	5°20'
N459	Dordrecht	51°49'	4°41'
No73	Drachten	53°07'	6°06'
N364	Dronten	52°33'	5°51'
N588	Duiven	51°57'	6°02'
N327	Dwingeloo	52°49'	6°25'
N979	Echt	51°05'	5°55'
N224	Edam	52°31'	5°03'
N161	Eelde N	53°07'	6°35'
N596	Eemnes	52°17'	5°17'
N154	Eenrum	53°22'	6°28'
No90	Eernewoude	53°08'	5°57'
N915	Eersel	51°21'	5°15'
N557	Eerbeek	52°07'	6°04'
N155	Eext	53°00'	6°45'
N950	Eijsden Breust	50°47'	5°43'
N902	Eindhoven	51°25'	5°29'
N919	Eindhoven Vb	51°28'	5°22'
N350	Elburg	52°27'	5°50'
N570	Elspeet	52°18'	5°47'
N333	Emmen	52°47'	6°53'
N348	Emmeloord	52°43'	5°46'
N221	Enkhuizen	52°43'	5°17'
N665	Enschede	52°12'	6°55'
N514	Epe	52°21'	5°60'
N980	Epen	50°46'	5°54'
N831	Esbeek	51°28'	5°08'
N136	Ezinge	53°17'	6°27'
No84	Ezumazijl	53°22'	6°09'
N143	Finsterwolde	53°12'	7°06'
No26	Formerum	53°24'	5°18'
N326	Frederiksoord	52°51'	6°12'
N584	Geldermalsen	51°53'	5°16'
N899	Gemert	51°33'	5°41'
N673	Gendringen	51°52'	6°21'
N338	Giethoorn	52°43'	6°04'
N892	Giersbergen	51°39'	5°09'
N152	Gieterveen	53°02'	6°50'
N843	Gilze Rijen	51°33'	4°56'
N838	Ginneken	51°34'	4°46'
N446	Goedereede	51°50'	3°58'
N836	Gorinchem	51°50'	4°59'
No82	Gorredijk	53°00'	6°04'



N443	Gouda	52°01'	4°43'
N434	Groot Ammers	51°56'	4°50'
N139	Groningen	53°11'	6°35'
N752	Haamstede	51°41'	3°43'
N582	Hamersveld	52°09'	5°25'
N571	Harskamp	52°09'	5°44'
N516	Harderwijk	52°23'	5°34'
No66	Harlingen	53°11'	5°26'
N238	De Haukes	52°53'	4°56'
No79	Heeg	52°58'	5°36'
N760	'S Heerenhoek	51°28'	3°46'
N328	Heerde	52°23'	6°02'
N435	Heemstede	52°21'	4°38'
N340	Heino	52°26'	6°16'
N967	Heibloem	51°17'	5°54'
N217	Heiloo	52°36'	4°45'
N896	Helmond	51°29'	5°37'
N672	Hellendoorn	52°23'	6°27'
N645	Hengelo (Gld)	52°04'	6°18'
N668	Hengelo (ov)	52°15'	6°49'
N830	Herwijnen	51°49'	5°09'
No78	Herbayum	53°11'	5°30'
N679	Herwen	51°53'	6°06'
N569	Heumen	51°46'	5°50'
N477	Hoek Van Holland Molenpad	51°59'	4°09'
No10	Hollum	53°26'	5°38'
N687	Holtén	52°18'	6°28'
N480	Honselersdijk	52°00'	4°15'
N332	Hoogeveen	52°43'	6°28'
N249	Hoogkarspel	52°41'	5°10'
N839	Hoogerheide	51°26'	4°19'
N438	Hoofddorp	52°19'	4°42'
N222	Hoorn	52°39'	5°03'
N257	Hoogwoud	52°44'	4°58'
N564	Hulshorst	52°21'	5°42'
N688	Hupsel	52°04'	6°38'
N451	Ijsselmonde	51°54'	4°33'
N913	Ijsselsteyn	51°29'	5°53'
N335	Ijsselmuiden	52°34'	5°57'
No81	Joure	52°59'	5°49'
N735	Kapelle	51°29'	3°57'
N767	Kapellebrug	51°15'	4°04'
N444	Katwijk	52°11'	4°25'
N737	Kerkwerpe	51°41'	3°51'
N349	Klazienaveen	52°45'	6°60'
N764	Kloosterzande	51°23'	4°02'
N841	Klundert	51°40'	4°32'
No77	Kollum	53°17'	6°09'
N252	Kolhorn	52°47'	4°54'
No22	De Koog	53°06'	4°47'
No25	De Kooy	52°55'	4°47'
N567	Kootwijk Radio	52°11'	5°49'
No76	Kornwerderzand	53°04'	5°20'
N755	Kortgene	51°34'	3°50'
N747	Krabbendijke	51°26'	4°06'

N240	Kreileroord	52°52'	5°06'
N740	St Kruis	51°16'	3°30'
N356	Kuinre	52°47'	5°51'
N323	Laaghalen	52°55'	6°32'
N593	Laren	52°14'	5°12'
No85	Leeuwarden N	53°13'	5°44'
N912	Leende	51°20'	5°32'
N469	Leiden	52°10'	4°30'
N369	Lelystad Eendenweg	52°27'	5°32'
N359	Lemmer Buma	52°50'	5°43'
N681	Lettele	52°16'	6°16'
N683	Lichtenvoorde	51°60'	6°34'
N684	Lievelede	52°01'	6°38'
N437	Lijnden	52°21'	4°46'
N454	Lisse	52°16'	4°33'
N663	Lochem	52°10'	6°23'
N548	Loenen Aan De Vecht	52°13'	5°03'
N558	Lunteren	52°05'	5°36'
N918	Maarheeze	51°18'	5°35'
N479	Maasland	51°58'	4°15'
No65	Makkum	53°04'	5°24'
N256	Marken	52°27'	5°07'
N682	Markelo	52°14'	6°30'
N317	Marknesse	52°42'	5°53'
N166	Marum	53°09'	6°17'
N236	Medemblik	52°46'	5°07'
N903	Megen	51°49'	5°34'
N756	Middelburg	51°29'	3°36'
N134	Middelstum	53°19'	6°37'
N909	Mill	51°41'	5°48'
N352	Nagele	52°37'	5°43'
No18	Nes Ameland	53°27'	5°46'
N463	Nieuw Helvoet	51°50'	4°07'
N840	Nieuwendijk	51°46'	4°56'
N172	Nieuwolda	53°15'	6°59'
N159	Nieuw Buinen	52°58'	6°57'
N162	Niekerk	53°13'	6°21'
No86	Nij Beets	53°04'	6°00'
N547	Nijkerk Gld	52°14'	5°28'
N539	Nijmegen	51°51'	5°53'
N743	Noordgouwe	51°42'	3°58'
N971	Noorbeek	50°47'	5°49'
N901	Nuland	51°43'	5°25'
N450	Numansdorp	51°44'	4°25'
N255	Obdam	52°41'	4°53'
N239	Den Oever	52°56'	5°02'
N906	Oirschot	51°30'	5°20'
N336	Oldebroek	52°23'	5°55'
No75	Oldeholtpade	52°54'	6°03'
N158	Onnen	53°09'	6°41'
N456	Oostvoorne	51°55'	4°05'
N833	Oosterhout	51°38'	4°50'
N578	Oosterbeek	52°01'	5°50'
N367	Oostvaardersdiep	52°25'	5°13'
N914	Oss	51°46'	5°33'

N828	Oudenbosch	51°35'	4°32'
N465	Oud Alblas	51°51'	4°42'
N471	Ouddorp Polder	51°49'	3°53'
N070	Oudemirdum	52°52'	5°30'
N754	Ovezande	51°26'	3°49'
N225	Overveen	52°24'	4°36'
N016	Petten	52°46'	4°39'
N761	Philippine	51°18'	3°45'
N467	Poortugaal	51°51'	4°24'
N242	Purmerend	52°31'	4°57'
N542	Putten	52°14'	5°36'
N674	Rekken	52°05'	6°43'
N977	Reuver	51°17'	6°05'
N339	Rheezerveen	52°34'	6°34'
N750	Rilland	51°25'	4°11'
N163	Roden	53°09'	6°26'
N439	Roelofarendsveen	52°13'	4°38'
N961	Roermond	51°11'	5°58'
N151	Roodeschool	53°26'	6°47'
N473	Rotterdam Waalhaven	51°54'	4°25'
N358	Rouveen	52°37'	6°11'
N362	Ruinerwold	52°43'	6°14'
N148	Sappemeer	53°10'	6°44'
N966	Schinnen	50°56'	5°52'
N337	Schoonloo	52°54'	6°42'
N762	Schoondijke	51°22'	3°33'
N440	Scheveningen	52°07'	4°18'
N965	Schaesberg	50°54'	6°01'
N982	Schinveld	50°59'	5°59'
N012	Schiermonnikoog	53°29'	6°11'
N223	Schellingwoude	52°23'	4°58'
N228	Schagen	52°47'	4°49'
N343	Schoonebeek	52°41'	6°54'
N883	Sevenum	51°24'	6°01'
N922	Siebengewald	51°39'	6°05'
N061	Skrins	53°07'	5°39'
N064	Sneek	53°02'	5°38'
N595	Soest	52°10'	5°19'
N904	Someren	51°23'	5°42'
N576	Spakenburg	52°15'	5°24'
N741	Stavenisse	51°35'	4°03'
N080	Stavoren	52°53'	5°22'
N298	Steenwijksmoer	52°40'	6°40'
N837	Steenbergen	51°35'	4°20'
N969	Stein	50°58'	5°45'
N455	Strijen	51°46'	4°35'
N970	Stramproy	51°11'	5°43'
N365	Swifterbant	52°34'	5°38'
N144	Ter Apel	52°52'	7°05'
N011	West Terschelling	53°22'	5°13'
N091	Ternaard	53°23'	5°58'
N742	Terneuzen	51°18'	3°52'
N757	Tholen	51°32'	4°13'
N562	Tiel	51°56'	5°27'
N827	Tilburg	51°34'	5°08'

N344	Tollebeek	52°40'	5°38'
N361	Tubbergen	52°24'	6°47'
N670	Twenthe	52°16'	6°55'
N962	Ubachsberg	50°51'	5°55'
N150	Uithuizen	53°24'	6°40'
N510	Vaassen	52°17'	5°58'
N968	Vaals	50°46'	5°60'
N963	Valkenburg (L)	50°51'	5°50'
N474	Valkenburg (ZH)	52°10'	4°26'
N147	Veendam	53°06'	6°50'
N579	Veenendaal	52°01'	5°36'
N160	Veenhuizen	53°03'	6°24'
N897	Venlo	51°21'	6°11'
N921	Venray	51°29'	5°59'
N342	Vilsteren	52°32'	6°21'
N156	Vlagtwedde	53°02'	7°07'
N559	Vleuten	52°05'	5°00'
N015	Oost Vlieland	53°18'	5°04'
N024	Vlieland	53°15'	4°57'
N733	Vlissingen	51°28'	3°37'
N920	Volkel	51°39'	5°42'
N565	Voorthuizen	52°11'	5°37'
N751	Vrouwenpolder	51°35'	3°35'
N345	Vroomshoop	52°28'	6°34'
N583	Wageningen Pd	51°59'	5°41'
N329	Wapenveld	52°26'	6°05'
N142	Warffum	53°24'	6°33'
N466	Wassenaar	52°09'	4°24'
N964	Weert	51°15'	5°42'
N675	Weerselo	52°21'	6°52'
N563	Weesp	52°18'	5°02'
N770	Westdorpe	51°13'	3°52'
N746	Westkapelle	51°32'	3°27'
N251	West Beemster	52°35'	4°54'
N523	Wijk Bij Duurstede	51°58'	5°19'
N226	Wijk Aan Zee	52°28'	4°36'
N749	Wilhelminadorp	51°32'	3°54'
N666	Winterswijk	51°58'	6°42'
N153	Winschoten	53°08'	7°03'
N135	Woltersum	53°16'	6°43'
N758	Wolphaartsdijk	51°32'	3°44'
N686	Woold	51°55'	6°44'
N546	Woudenberg	52°05'	5°28'
N230	Zaandijk	52°29'	4°49'
N233	Zaandam Hembrug	52°25'	4°50'
N917	Zaltbommel	51°48'	5°16'
N229	Zandvoort	52°21'	4°31'
N164	Zeerijp	53°21'	6°45'
N371	Zeewolde	52°23'	5°22'
N372	Zeewolde Schillinkweg	52°18'	5°25'
N470	Zegveld	52°08'	4°50'
N589	Zetten	51°56'	5°42'
N426	Zoetermeer	52°04'	4°32'
N145	Zoutkamp	53°20'	6°18'
N829	Zundert	51°28'	4°41'



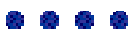
N341	Zweeloo	52°48'	6°44'
N330	Zwolle	52°32'	6°09'

Inhoud

Hoofdstuk 2. Temperatuur

1. Beschrijving 2-1
 - 1.1 benaming van de grootheid 2-1
 - 1.2 definitie; omschrijving van het begrip 2-1
 - 1.3 eenheden 2-1
 - 1.4 beschrijving van de variabelen 2-2
 - 1.5 elementcode: 2-4
 2. Operationele eisen 2-5
 - 2.1 bereik 2-5
 - 2.2 waarneemresolutie in verband met de berichtgeving 2-5
 - 2.3 operationeel vereiste nauwkeurigheid 2-5
 - 2.4 vereiste waarneemfrequentie 2-5
 - 2.5 vereiste data-aanwezigheid per specifieke periode 2-7
 3. Instrumenten en techniek 2-9
 - 3.1 techniek en specificaties 2-9
 - 3.2 onderhoud- en kalibratieprocedures 2-9
 4. Procedures 2-11
 - 4.1 procedures bij uitval automatische waarnemingen 2-11
 - 4.2 procedures voor achteraf validatie temperatuurwaarden 2-11
 - 4.3 procedures voor inspectie 2-12
 5. Herleiding parameters 2-15
 6. Opstellingseisen en omgevingscondities 2-17
 - 6.1 Opstellingseisen -voorzieningen 2-17
 - 6.2 Conditie m.b.t. omgeving en meetlocatie/representativiteit waarnemingen 2-18
- Referenties 2-19





2. Temperatuur

1. Beschrijving

1.1 benaming van de grootheid

Algemene benaming: Temperatuur

Internationale aanduiding (conform WMO, zie: WMO-No.8.- ref. 1): Temperature

1.2 definitie; omschrijving van het begrip

De thermodynamische temperatuur (kortweg: temperatuur) is een maat voor de warmtetoestand van een bepaalde stof of lichaam. Temperatuur kenmerkt zich door het feit dat bij een temperatuurverschil tussen twee aangrenzende stoffen of lichamen, er een warmtestroom zal optreden in de richting van de stof of het lichaam met de laagste temperatuur totdat de temperatuur van beide lichamen gelijk is (zie voor een definitie: WMO no.8., par.2.1.1, ref 1).

Temperatuur geeft een toestand weer en is daarmee een bijzondere grootheid, die niet direct herleidbaar is naar primaire tastbare grootheden zoals massa of lengte. In het algemeen geldt voor de temperatuur van een gas dat deze evenredig is met de gemiddelde kinetische energie van de moleculen. Zie voor verdere achtergrondinformatie over de fysische grootheid *temperatuur* bijvoorbeeld ref. 9. Omdat de temperatuur een toestand aangeeft is de bijbehorende schaal gebaseerd op een definitieafspraken. De internationaal gedefinieerde temperatuurschaal is ondermeer bepaald aan de hand van tripelpunten en stolpunten van elementaire stoffen. Deze schaal wordt regelmatig herzien vanwege steeds nauwkeurigere technologie om faseovergangen te bepalen en met steeds zuiverdere stoffen. Voor een verdere definitie van deze schaal zie onder 1.3, *eenheden*.

1.3 eenheden

De blijvend erkende eenheid volgens SI (ref. 6) voor de thermodynamische temperatuur T is kelvin (K). Deze eenheid is gedefinieerd als de fractie $1/273,16$ van de temperatuur van het tripel punt van water.

Naast de thermodynamische temperatuur T (ook wel kelvintemperatuur genoemd) kent men de grootheid celciustemperatuur t . De erkende SI-erkende eenheid daarvoor is de graad Celcius, symbool $^{\circ}\text{C}$, die gelijk is aan de kelvin. De celciustemperatuur is gedefinieerd als het verschil $t = T - T_0$, waarbij $T_0 = 273,15$ K (zie ref. 6 en ref. 1, par. 2.1.2.). Dus:

$$t/^{\circ}\text{C} = T/\text{K} - 273,15.$$

De eenheid "graden fahrenheit", symbool $^{\circ}\text{F}$, waarvoor geldt $t_{\text{F}}/^{\circ}\text{F} = 9/5 t/^{\circ}\text{C} + 32$, wordt in Nederland niet als erkende grootheid gebruikt.

De huidige internationale temperatuurschaal waarvoor T en t sinds 1990 zijn gedefinieerd, is volgens ITS-90 (zie ref. 11 en ref. 1, hfd. 2, Annex). Uitgedrukt in de celciustemperatuur geldt voor deze schaal:

t_{90} [vriespunt H_2O]	=	0,000 $^{\circ}\text{C}$
t_{90} [tripelpunt H_2O]	=	0,010 $^{\circ}\text{C}$
t_{90} [kookpunt H_2O]	=	99,974 $^{\circ}\text{C}$

In de meteorologie wordt de grootheid temperatuur gebruikt voor directe metingen van lucht, bodem en water en als afgeleide grootheid, in relatie tot de vochtigheid van de lucht.

De behandeling van (zee)watertemperatuur staat in het hoofdstuk over maritieme waarnemingen en ref. 10, terwijl bodemtemperatuur in het desbetreffende hoofdstuk staat beschreven. Dit hoofdstuk heeft verder alleen betrekking op de luchttemperatuur, te meten boven het aardoppervlak.

1.4 beschrijving van de variabelen

De meteorologie kent meerdere variabelen gebaseerd op de grootte van de temperatuur. Deze zijn te splitsen in een primair gemeten temperatuur en een secundaire, of herleide temperatuur. De primair gemeten temperatuur betreft uitsluitend de instantane luchttemperatuur, gemeten op een vastgestelde hoogte. De andere variabelen zijn bepaald aan de hand van een tijdreeks, onder beïnvloeding van de lucht of op basis van een herleiding, waarbij andere (gemeten) grootheden zijn meegenomen. De variabelen met betrekking tot temperatuur zijn:

- 1 primair gemeten
 - a) luchttemperatuur
2. aan de hand van een tijdreeks herleide temperaturen:
 - a) minimum luchttemperatuur
 - b) maximum luchttemperatuur
3. overige herleide temperaturen
 - a) dauwpunt-temperatuur en rijptemperatuur
 - b) verzadigingtemperatuur
 - c) virtuele temperatuur

- **drogeboltemperatuur luchttemperatuur**

Aanduiding: T of t (T_{air} of t_{air} kan ook), in codes: TTT, BUFR tabel ref. 012 001. De luchttemperatuur wordt bepaald op 150 cm hoogte boven het aardoppervlak. Deze variabele wordt in de praktijk ook wel de “temperatuur” genoemd.

- **maximum temperatuur**

Aanduiding: T_{max} of t_{max} , in codes: $T_x T_x T_x$, BUFR tabel ref. 012 011. De maximum temperatuur is de hoogst bereikte luchttemperatuur (op 150 cm hoogte) in een tijdvak, bijvoorbeeld 6 uur of 12 uur (voor KNMI: tussen 06 en 18 UTC).

- **minimum temperatuur**

Aanduiding: T_{min} of t_{min} , in codes: $T_n T_n T_n$, BUFR tabel ref. 012 012. De minimum temperatuur is de laagst bereikte luchttemperatuur (op 150 cm hoogte) in tijdvak, bijvoorbeeld 6 uur of 12 uur (voor KNMI: tussen 18 en 06 UTC).

- **10 cm temperatuur of luchttemperatuur op 10 cm hoogte**

Aanduiding: T_{10} of t_{10} . De 10 cm temperatuur is de actuele luchttemperatuur op 10 cm hoogte boven het aardoppervlak. Deze variabele wordt veelal verward met de ongedefinieerde variabele “gras temperatuur” (zie ook hieronder)

- **minimum 10 cm temperatuur**

Aanduiding: $T_{10, \text{min}}$ in (uitsluitend nationale) codes: $T_g T_g T_g$. De minimum 10 cm temperatuur is de laagst bereikte luchttemperatuur gemeten op 10 cm hoogte in een tijdvak, bijvoorbeeld 6 uur (voor KNMI: tussen 18 en 08 UTC). Deze minimum temperatuur kan in verband worden gebracht met de zgn. “grasminimumtemperatuur”, zoals geformuleerd in WMO-No. 8, Vol. I, par. 2.2.2.2 (zie ref. 1). De grasminimumtemperatuur wordt echter vastgesteld op basis van de gemeten luchttemperatuur ter hoogte van de toppen van de sprietjes van kort gemaaid gras, iets dat voor automatische metingen zeer omslachtig is. In de WMO FM 94 BUFR tabel, Class 12 - Temperature, is overigens sprake van een “ground minimum temperature, past 12 hours”, tabel ref. 012 013.



- **dauwpunt-temperatuur**

Aanduiding: T_{dew} , in codes: T_d , T_d , T_d , BUFR tabel ref. 0 12 006

De dauwpunt-temperatuur is de temperatuur (op 150 cm hoogte) waartoe de lucht (bij gelijkblijvende overige omstandigheden) moet worden afgekoeld om een volledige verzadiging van de in de lucht aanwezige waterdamp te bereiken en waaronder condensatie gaat optreden. De dauwpunt-temperatuur is onafhankelijk van de luchttemperatuur zelf en wordt bepaald door de dichtheid van de waterdamp in de lucht. Dauwpunt-temperatuur kent een groot bereik tot ver onder 0°C , terwijl $t_{\text{dew}} \leq t$.

Hoofdstuk 4 van dit handboek beschrijft de parameter vochtigheid en het onderlinge verband tussen dauwpunt-temperatuur, temperatuur en relatieve vochtigheid.

- **rijptemperatuur**

Aanduiding: T_{ice} of t_{ice}

De rijptemperatuur is het analogon van de dauwpunt-temperatuur, maar dan voor vaste depositie en alleen gedefinieerd voor waarden onder 0°C . Beneden deze temperatuur zal rijp ontstaan.

- **andere verzadigingstemperaturen, waaronder de natte bol temperatuur**

Naast de dauwpunt-temperatuur, waarbij afgezien van afkoeling de samenstelling van lucht zelf niet veranderd, kunnen ook verzadigingstemperaturen worden bepaald, waarbij de lucht zelf wel wordt beïnvloed en een thermodynamisch evenwicht ontstaat. De bekendste techniek is de psychrometrie, die wordt gebruikt voor vochtmetingen (ook bekend als natte en droge bol metingen). Hierbij komt lucht in contact met een vochtig lichaam hetgeen resulteert in een verzadigde lucht/vocht mengsel bij een verzadigingstemperatuur. Voor thermodynamische toepassingen is de adiabatische verzadigingstemperatuur (*adiabatic saturation temperature*) de meest voor de hand liggende, vanwege de eenvoudige berekeningsgrondslag ter bepaling van de vochtigheid. In de praktijk is het echter vrijwel ondoenlijk om aan de adiabatische eis te voldoen en zijn er psychrometers ontworpen, elk met hun eigen calibratie diagram (zie ref. 14). Een psychrometer bestaat uit een sensor die de luchttemperatuur meet (ook wel de droge boltemperatuur genoemd) en een sensor, die de temperatuur meet van een bevochtigd en belucht kousje (en daarmee de verzadigingstemperatuur van de lucht grenzend aan dat kousje). Deze temperatuur wordt daarom ook wel de natte bol temperatuur genoemd, in codes voor maritieme waarnemingen aangeduid met T_b , T_b , T_b , BUFR table ref. 0 12 005 (voor metingen op 2m hoogte). Omdat er geen goede fundamentele relatie bestaat tussen bevochtiging, verdamping, beluchting, straling of warmtegeleiding, waardoor deze natte bol temperatuur niet herleidbaar is, kan de vochtigheid alleen op basis van kalibraties worden bepaald.

Alleen de natte bol temperatuur gemeten met een Assmann psychrometer is gedefinieerd in internationaal verband (zie ref. 1, WMO-No. 8, Vol. I, Annex 4.B). Deze Assmann psychrometer is niet in gebruik bij het KNMI.

Nota bene: het gebruik van de zgn. droge bol temperatuur dient alleen in combinatie met de natte bol temperatuur te worden gebruikt (dus bij psychrometrie).

- **virtuele temperatuur**

De virtuele temperatuur is een afgeleide grootheid, vooral in gebruik ter vereenvoudiging van formules, waarbij vocht een rol speelt. De virtuele temperatuur is gedefinieerd als de temperatuur die een denkbeeldig systeem van droge lucht zou moeten hebben in relatie tot de actuele toestand van de (vochtige) lucht en met dezelfde dichtheid en druk. Deze virtuele temperatuur T_v wordt

afgeleid via de algemene gaswet en wordt gegeven door:

$$T_v = T(1 + r/\epsilon)/(1 + r),$$

waarbij r staat voor de vochtige/droge lucht mengverhouding (*mixing ratio*) en ϵ voor de verhouding tussen het molecuulgewicht van waterdamp en droge lucht, te weten $\epsilon = 0,62198$. De virtuele temperatuur wordt o.a. gebruikt bij de herleiding van luchtdruk naar zeeniveau (zie hoofdstuk 1 van dit handboek). Zie voor nadere details rond de virtuele temperatuur ref. 13, hoofdstuk 4.

- **potentiële temperatuur**

De potentiële temperatuur (van onverzadigde vochtige lucht) θ is gedefinieerd als de temperatuur die een hoeveelheid lucht bij druk p en temperatuur T zou krijgen indien dat langs adiabatische weg zou worden herleid naar standaard druk ($p_0 = 1000$ hPa) en bij gelijkblijvende mixing ratio r .

Zie verder ref. 13, hfd. 4 voor meer details.

1.5 elementcode:

De codering met betrekking tot de temperatuurwaarden in de SYNOP, KLIM en METAR is vastgelegd in het KNMI-handboek meteorologische codes (ref.7). Module B1, "Waarnemen", onderdeel van de Elementaire Vakopleiding Meteorologie (zie ref.3, hoofdstuk 7) is hierbij een goede leidraad

Voor de diverse eerdergenoemde temperatuurvariabelen worden onderstaande codes gebruikt en met welke regelmaat.

- **FM 12-X SYNOP / FM 13-X SHIP**

sectie 1 (internationale groepen)

- luchttemperatuur T : $1s_n TTT$ ieder uur;
- dauwpunt-temperatuur T_{dew} : $2s_n T_d T_d T_d$ ieder uur,

sectie 3 (regionale groepen) en sectie 5 (nationale groepen)

- max. temp. T_x : $1s_n T_x T_x T_x$ 18 UTC: max. afgelopen 12 uur
- min. temp. T_n : $2s_n T_n T_n T_n$ 06UTC: min. afgelopen 12 uur;
08UTC: min. afgelopen 14 uur;
- min. 10cm temp. $T_{10, min}$: $4s_n T_g T_g T_g$ 08UTC: min. afgelopen 14 uur;

Voor deze symbolen geldt:

1. Alle temperatuurvariabelen in de SYNOP worden aangeduid in 0,1 °C.
2. Het teken wordt aangegeven met s_n , dat wil zeggen:
 $s_n = 0$ als temperatuurwaarde $\geq 0,0$ °C en $s_n = 1$ voor temperatuurwaarden $< 0,0$ °C

Voorbeelden:

$$t_n = -6,2 \text{ °C} \rightarrow 2s_n T_n T_n T_n = 21062$$

$$t = +27,4 \text{ °C} \rightarrow 1s_n TTT = 10274$$

- **NF 01 KLIM (nationale code afspraak)**

sectie 2 (regionale groepen)

- max. temp. t_x : $1s_n T_x T_x T_x T_x$ 00, 06, 12, 18UTC: max. afg. 6 uur;
- min. temp. t_n : $2s_n T_n T_n T_n T_n$ 00, 06, 12, 18UTC: min. afg. 6 uur;
- min. 10cm temp. $t_{10, min}$: $4s_n T_g T_g T_g T_g$ 00, 06, 12, 18UTC: min. afg. 6 uur;

Nota bene: in de KLIM worden ook de uurvakken waarin respectievelijk TX en TN zijn opgetreden vermeld.

Voor de symbolen geldt:

1. Alle temperatuurvariabelen in de KLIM worden aangeduid in 0,1 °C.
2. Het teken wordt aangegeven met s_n (zie: SYNOP).

Voorbeelden:

$$t_n = -6,2 \text{ °C} \rightarrow 2s_n T_{n6} T_{n6} T_{n6} = 21062$$

$$t_x = +27,4 \text{ °C} \rightarrow 1s_n T_{x6} T_{x6} T_{x6} = 10274$$

- FM 15-IX Ext. METAR / FM 16-IX Ext. SPECI

- luchttemperatuur t , tezamen met
- dauwpunt-temperatuur t_{dew} : T'T'/T'_d T'_d ieder halfuur;

Voor deze symbolen geldt:

1. zowel de luchttemperatuur als de dauwpunt-temperatuur worden gemeld in hele graden Celsius (dus $\{t\} = \{t_{\text{dew}}\} = \text{°C}$).
2. Voor een negatieve lucht-temperatuur c.q. dauwpunt-temperatuur ($t, t_{\text{dew}} < 0 \text{ °C}$) wordt T'T', resp. T'_d T'_d voorafgegaan door de letter M (=minus).

Voorbeelden:

$$T = +27 \text{ °C}, TD = +19 \text{ °C} \rightarrow T'T'/T'_d T'_d = 27/19$$

$$T = +14 \text{ °C}, TD = -6 \text{ °C} \rightarrow T'T'/T'_d T'_d = 14/M06$$

2. Operationele eisen

In deze paragraaf worden de operationele eisen beschreven met betrekking tot het waarnemen van de luchttemperatuur op 150 cm en 10 cm boven het waarneemterrein maaiveld). De operationele eisen met betrekking tot de dauwpunt-temperatuur zijn beschreven in Hoofdstuk 4, Vochtigheid.

2.1 bereik

Het operationeel gebied (range) voor de waarnemingen (lucht)temperatuur op 150 cm en 10 cm boven het aardoppervlak is: $-30 - +40^{\circ}\text{C}$. Dit betreft zowel voor de puntwaarden, gemiddelden als de extremen.

De WMO-norm is weliswaar $-60 - +60^{\circ}\text{C}$ (WMO no. 8, ref. 1). Omdat de kans op een temperatuur beneden -30°C of boven $+40^{\circ}\text{C}$ in Nederland verwaarloosbaar klein is, is voor nationaal gebruik het bovenvermelde bereik afdoende..

2.2 waarneemresolutie in verband met de berichtgeving

In de synoptische meteorologie en de klimatologie is de vereiste resolutie in de waarnemingen van de (lucht)temperatuur op 150 cm en 10 cm hoogte: $0,1^{\circ}\text{C}$. Een en ander is conform WMO (WMO no. 8, ref. 1).

In de berichtgeving voor de luchtvaart, dat wil zeggen via de METAR, is de resolutie van de temperatuur echter in hele graden Celsius, dus 1°C . (conform WMO/ICAO, zie ref. 8).

2.3 operationeel vereiste nauwkeurigheid


- De vereiste nauwkeurigheid (onzekerheid) in de gemeten (lucht)temperatuur op 150 cm en 10 cm hoogte is: $0,1^{\circ}\text{C}$. Deze eis is conform WMO (WMO no. 8, hfd. 1, Annex I, zie ref. 1). De extremen (tx, tn) dienen aan dezelfde conditie te voldoen: vereiste nauwkeurigheid (onzekerheid) $0,1^{\circ}\text{C}$, ofschoon WMO voorschriften een onzekerheid van $0,5^{\circ}\text{C}$ toestaan (zie ref. 1).
- De maximaal acceptabele operationele onzekerheid in de (lucht)temperatuur op 150 cm en 10 cm hoogte (inclusief voor maxima en minima) in de synoptische berichtgeving (SYNOF) en voor klimatologische doeleinden (KLIM) is: $0,2^{\circ}\text{C}$. Dit is conform WMO voorschriften ("achievable operational accuracy", zie WMO no. 8, ref. 1).
- De gewenste operationele nauwkeurigheid van de (lucht)temperatuur op 150 cm hoogte ten behoeve van berichtgeving in de luchtvaart-meteorologie (METAR) is: 1°C . (conform WMO/ICAO, ref. 8).

2.4 vereiste waarneemfrequentie

1' gemiddelden

Overeenkomstig de richtlijnen van de WMO (ref. 1 en 16) dient de berichtgeving gebaseerd te zijn op 1' gemiddelde waarden. Deze gemiddelden betreffen steeds het rekenkundig gemiddelde van de continue waarnemingen van de afgesloten periode, in dit geval een minuut. Voor data-acquisitie via digitale systemen, zoals bij de SIAM, waarbij hiervoor 5 achtereenvolgende 12" samples worden gebruikt, is deze methode voldoende nauwkeurig. Voor temperatuurmetingen betekent dit dat de soms grote (zeer lokale) natuurlijke temperatuurfluctuaties worden uitgedempt en de meting daarmee representatiever.

In 10-minutendataopslagsystemen, zoals in het AWS en bij RIS, worden iedere 10-minuten de meest recente 1-minuut gemiddelde geregistreerd.



Voorbeeld: de 1' waarde op het tijdstip 1410'00" is het gemiddelde van de momentane waarden op de tijdstippen 1409'12", 1409'24", 1409'36", 1409'48" en 1410'00".

10' waarden

Ofschoon uurlijkse (SYNOP) en halfuurlijkse (METAR) berichtgeving nog wel gebruikelijk is, is er een duidelijke internationale ontwikkeling gaande in het presenteren van gegevens met een 10 minuten resolutie. Om hieraan te voldoen is de generatie van 10' gemiddelden en de bijbehorende standaard deviaties wenselijk. Overigens zijn deze parameters een goed hulpmiddel voor de validatie van de metingen zelf. Voor het bepalen van de standaard deviatie, gemeten met digitale instrumenten, dient de sample frequentie voldoende hoog te zijn. Voor temperaturen zijn 12" samples goed geschikt.

- **extremen: maxima en minima**

Iedere 12 seconden berekent een temperatuur SIAM het 10' maximum en het 10' minimum temperatuur, gemeten op 150 cm c.q. 10 cm hoogte over de afgelopen 10 minuten. Deze extremen zijn gebaseerd op een gemiddelde uit een tijdvak van 1 minuut, dus bij een waarneeminterval van 12 s gebaseerd op 5 aaneengesloten waarnemingen. Voor een 10' extreem is dus sprake van een van de 50 overlappende 1' gemiddelden (zie ook ref. 4).

In 10-minutendataopslagsystemen, zoals in het AWS en bij RIS, wordt per hele 10-minuten het aldus berekende 10' maximum respectievelijk 10' minimum over de afgelopen 10 minuten geregistreerd volgens het schema HH:05, HH:15, HH:25, HH:35, HH:45, HH:55.

- **gemiddelde en standaard deviatie**

De 10' gemiddelde temperatuur en bijbehorende standaard deviatie, gemeten op 150 cm c.q. 10 cm hoogte heeft betrekking op de afgelopen 10 minuten. Dit is het rekenkundig gemiddelde van een voldoende groot aantal metingen, bijvoorbeeld op basis van vijftig 12"-waarden, inbegrepen de momentane temperatuur op het laatste tijdstip van het 10 minuten vak.

In de 10-minutendataopslagsystemen, zoals in het AWS en bij RIS, wordt op ieder heel 10' tijdstip het gemiddelde over de afgelopen 10 minuten periode gepresenteerd volgens het schema HH:05, HH:15, HH:25, HH:35, HH:45, HH:55.

Voorbeeld: de 10' gemiddelde waarde temperatuur op het tijdstip 1315'00" is het gemiddelde van 50 momentane waarden:

1305'12", 1305'24", 1305'36" enz. t.m. 1315'00".

uurwaarde (SYNOP)

De temperatuurwaarde op 150 cm hoogte gemiddeld over de afgelopen minuut en bepaald op precies 10 minuten voor het gehele uur (dit is dus de 1 minuut gemiddelde waarde over het tijdvak van 11 minuten voor het gehele uur tot precies 10 minuten voor het gehele uur) wordt gebruikt voor het bepalen van de temperatuurwaarden t in °C (code $IS_n TTT$) in de uurlijkse SYNOP. Deze waarneemtijd ligt binnen de periode die (internationaal) gesteld wordt voor het verrichten van de SYNOP waarneming (ca. 15 minuten voor het gehele uur tot uiterlijk 2 minuten voor het gehele uur, zie ook ref. 3).

halfuurwaarde temperatuur METAR

Het tijdstip voor het METAR-bericht is precies 5 minuten vóór het gehele uur c.q. precies 5 minuten vóór het halve uur. De temperatuurwaarde t in de METAR (code T'T) is de 1' gemiddelde temperatuurwaarde op 150 cm hoogte op precies 5 minuten vóór het tijdstip METAR-bericht, dat wil zeggen op precies 10

minuten voor het hele uur c.q. precies 10 minuten voor het halve uur.
Voorbeeld: T'T' op 10:25 UTC is de 1 minuut gemiddelde temperatuur over de periode 1019'00" - 1020'00".

maximum- c.q. minimumwaarden in SYNOP en KLIM

Op de uren dat SYNOP en/of KLIM vermelding vereisen van de maximum- of de minimumwaarde van de temperatuur op 150 cm c.q. 10 cm hoogte over een bepaalde, gunstig gekozen periode (6 uur, of 12 uur, of 14 uur), wordt dat bepaald op precies 10 minuten voor dat gehele uur. De maximumwaarde voor de SYNOP c.q. KLIM is de hoogste waarde van alle 10' maxima en de minimumwaarde voor de SYNOP c.q. KLIM is de laagste waarde van alle 10' minima.

Voorbeeld: 1snT_xT_xT_x op 18UTC: de hoogste 10' maximumwaarde van de temperatuur op 150 cm over de periode 05u50' tot 17u50' (periode duurt 12 uur, dus de hoogste van 72 10' maxima, dit is feitelijk de hoogst geregistreerde 1' gemiddelde temperatuurwaarde uit 12 x 60 x 5 = 3600 12" registraties over de periode 05u50'12" tot en met 17u50'00").

2.5 vereiste data-aanwezigheid per specifieke periode

1' gemiddelde en 10' gemiddelde

Een gemiddelde over 1 minuut of 10 minuten kan worden gebaseerd op beschikbare 12" momentane waarden ("beschikbaar" impliceert geen "////"). Gelet op de aard van de parameter is voor het (operationeel) vaststellen van een 1-minuut- c.q. 10-minutengemiddelde een 100% beschikbaarheid van de 12" meetwaardes in het onderhavige tijdvak niet vereist. In het SIAM-bericht dient wel het percentage afwezige 12" momentane waarden te worden vermeld (ref.4). Indien in het geheel geen meetwaarde beschikbaar is wordt een 1' gemiddelde c.q. 10' gemiddelde waarde als "ontbrekend" beschouwd.

10' maximum en 10' minimum

Voor het vaststellen van een 10-minuten maximum, c.q. minimum is het niet noodzakelijk dat alle 50 onderhavige en overlappende 1' gemiddelden beschikbaar zijn. Wel is vereist dat in deze 10 minutenperiode tenminste voor alle aansluitende 1-minuutvakken een 1' gemiddelde is vastgesteld. Is niet aan deze eis voldaan, dan wordt bedoeld 10-minuten maximum, c.q. minimum als "ontbrekend" beschouwd.

max., min. over periode van 6 uur (KLIM) c.q. 12 uur c.q. 14 uur (SYNOP)

Voor het vaststellen ten behoeve van SYNOP of KLIM van een maximum- c.q. minimumtemperatuur op 1,5 m c.q. 0,1 m hoogte over een bepaalde periode gelden de volgende criteria:

- 6 uur periode:

Van de 36 onderhavige en aaneensluitende 10-minutenblokken mogen niet meer dan 5 (niet aaneengesloten) blokken of een aaneengesloten blok ontbrekend zijn.

- 12 uur periode:

Van de 72 onderhavige 10-minutenblokken mogen niet meer dan 11 (niet aaneengesloten) blokken of een aaneengesloten blok ontbrekend zijn.

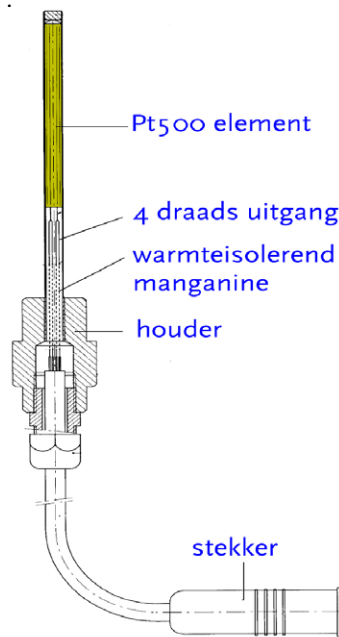
- 14 uur periode:

Van de 84 onderhavige 10-minutenblokken mogen niet meer dan 12 (niet aaneengesloten) blokken of een aaneengesloten blok ontbrekend zijn.

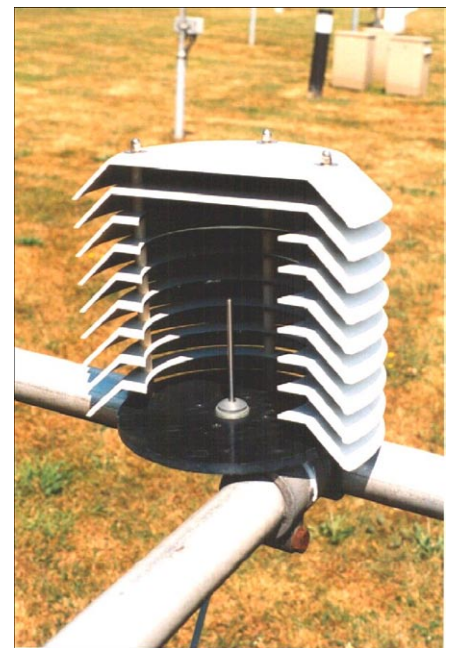
3. Instrumenten en techniek

3.1 techniek en specificaties

Als standaard sensor voor de operationele metingen temperatuur op 150 cm c.q. 10 cm boven het aardoppervlak (maaiveld) gebruikt het KNMI een platina weerstandselement (Pt 500), welke geplaatst is in de top van een zgn. temperatuurmeetnaald van roestvrij staal, zie fig. 1a. Gekozen is voor een vrij hoge weerstandswaarde (500 Ω), omdat hierbij de warmtedissipatie gering genoeg is om met de vereiste onzekerheid van $<0,1$ °C te kunnen meten (met een 100 Ω Pt element is dit namelijk niet mogelijk). Om ervoor te zorgen dat de warmtelekken van sensor naar meetdraden minimaal is, is de sensor en de verdere bedrading aan elkaar gesloten via manganine bedrading, dat warmte slecht geleid. Gebruik wordt gemaakt van vier-draads meettechniek omdat daarmee significante systematische fouten worden voorkomen, die kunnen optreden door thermo-elektrische effecten, stroomlekken of te grote extra weerstand door lange bedrading. De kwaliteit van het Pt500 element is zodanig dat binnen het gestelde bereik de systematische fout, uitgedrukt in °C, niet groter is dan 0,05 °C. De temperatuurmeetnaald wordt vervolgens geplaatst in een schotelhut die dient voor stralingsafscherming (zie par. 6.1) Dit instrument (sensor, incl. SIAM-transmitter) is kalibreerbaar met een onzekerheid van $<0,1$ °C. De resolutie (van de SIAM output) is in 0,1 °C. Het bereik is -30 tot $+40$ °C. (Referentie: ref.4). De instrumentele specificaties zijn dus conform de gestelde operationele eisen




figuur 1a: meetnaald met sensor



figuur 1b: opstelling van de meetnaald in een opengewerkte schotelhut

3.2 onderhoud- en kalibratieprocedures

De meetinstrumenten dienen te voldoen aan de nauwkeurigheidseisen. Hiertoe is periodiek onderhoud nodig, waarbij instrumenten door middel van calibratie en justering op door ervaring bepaalde intervallen worden getoetst of aan de gestelde eisen is voldaan. Voor elk interval wordt een calibratiecertificaat vastgesteld, waarbij de referentie meetwaarden volledig herleidbaar zijn naar een door de RVA/NKO erkende standaard. De instrumentele afdeling van



het KNMI INSA is verantwoordelijk voor deze procedures die vastgelegd zijn in de kalibratie procedures van het KNMI-ijklaboratorium. Op zich voldoen deze procedures aan het kwaliteitshandboek van INSA, dat is erkend volgens aan ISO 9001 (ref. 5). Aan de Europese norm voor kalibratie en testlaboratoria, EN 45001, of aan enige NKO certificering wordt (nog) niet voldaan.

4. Procedures

4.1 procedures bij uitval automatische waarnemingen

Aanvulling bij uitval van automatisch gegenereerde gegevens in SYNOP en METAR vindt niet plaats. Op bemande stations waar back-up apparatuur aanwezig is, kunnen eventueel de waarnemingen van deze apparaten als alternatief gebruikt worden (alleen voor lokaal gebruik, niet voor in de SYNOP of METAR). Alleen bij uitzonderingssituaties kan hiervan worden afgeweken.

4.2 procedures voor achteraf validatie temperatuurwaarden

Het Klimatologische Informatiesysteem (KIS) van het KNMI bevat gearcheiverde waarnemingen, namelijk:

-	uurwaarden temp. t uit de SYNOP, aangeduid met:	T
-	6-uurwaarden max.temp. t_{\max} uit de KLIM:	TX6
-	het uurvak waarin deze max.temp. is opgetreden (uit de KLIM):	HTX6
-	6-uurwaarden min.temp. t_{\min} uit de KLIM:	TN6
-	het uurvak waarin deze min.temp. is opgetreden (uit de KLIM):	HTN6
-	6-uurwaarden min. 10 cm temperatuur $t_{g, \min}$ uit de KLIM:	TG6

De gegevens betreffen de gearcheiverde SYNOP-en KLIM-waarnemingen van de land-en kuststations, alsmede van de stations van het Meetnet Noordzee. De datainvoer in het KIS-systeem geschiedt op dagbasis en betreft de uurlijkse c.q. 6-uurlijkse waarden van het afgelopen etmaal (uurvakken HH = 00 t/m. 23). Alle nieuw in KIS ingevoerde waarden worden onderworpen aan automatische controleprocedures die in het systeem ingeprogrammeerd zijn. Het gaat om de volgende procedures per station:

• T

Indien niet aan onderstaande eisen is voldaan, dan wordt de waarneming als 'verdacht' aangemerkt:

- $TX6 \geq T \geq TN6$
- indien WW= 56, 57, 66, 67, 70, ..., 79, 83, ...87 of 88 dan: $T \leq 5,0^{\circ}C$
- $T[H] - ((T[H+2] + T[H-2])/6 + (T[H+1] + T[H-1])/3) \leq 2,0^{\circ}C$
- $-30,0^{\circ}C \leq T \leq 40,0^{\circ}C$

• TX6

Indien niet aan onderstaande eisen is voldaan, dan wordt de waarneming als 'verdacht' aangemerkt:

- $TX6[H] \geq T[H]$, idem H-1 t/m H-6
- $TX6 > TG6$
- $TX6 > TN6$
- $-30,0^{\circ}C < TX6 < 40,0^{\circ}C$

• HTX6

Indien niet aan onderstaande eisen is voldaan, dan wordt de waarneming als 'verdacht' aangemerkt:

- Als uur van waarneming= 06 dan HTX6 = 1, 2, ..6
- Als uur van waarneming= 12 dan HTX6= 7, 8,..12
- Als uur van waarneming= 18 dan HTX6= 13, 14,..18
- Als uur van waarneming= 24 dan HTX6= 19, 20,..24
- Indien $T[H-n] \geq TX6$ dan $HTX6_H \leq H-n$ (n=1, 2, 3, 4, 5, 6)

Opmerking: als H-n= 0, dan wordt T[H=24 UTC van de vorige dag] gevalideerd

• TN6

Indien niet aan onderstaande eisen is voldaan, dan wordt de waarneming als 'verdacht' aangemerkt:

- a) $TN6 \leq T[H]$, voor $H, \dots, H-6$
- b) $TN6 < TX6$
- c) $-30,0^\circ\text{C} < TN6 < 40,0^\circ\text{C}$

- **HTN6**

Indien niet aan onderstaande eisen is voldaan, dan wordt de waarneming als 'verdacht' aangemerkt:

- a) Als uur van waarneming = 06 UTC dan $HTN6 = 1, 2, \dots$, of 6
- b) Als uur van waarneming = 12 UTC dan $HTN6 = 7, 8, \dots$, of 12
- c) Als uur van waarneming = 18 UTC dan $HTN6 = 13, 14, \dots$, of 18
- d) Als uur van waarneming = 24 dan $HTN6 = 19, 20, \dots$, of 24
- e) Als $T[H-n] \leq TN6$ dan $HTN6[H] \leq H-n$; $n=1, 2, 3, 4, 5, 6$

Opmerking: als $H-n = 0$, dan wordt $T[H=24 \text{ UTC van de vorige dag}]$ gevalideerd

- **TG6**

Indien niet aan onderstaande eisen is voldaan, dan wordt de waarneming als 'verdacht' aangemerkt:

- a) $TG6 > TX6$
- b) $-35,0^\circ\text{C} < TG6 < 40,0^\circ\text{C}$
- c) $-2,0^\circ\text{C} < (TN6 - TG6) < 7,0^\circ\text{C}$

Zie voor verdere details, ref. 9.

De Klimatologische Dienst (KD) van het KNMI is verantwoordelijk voor de uiteindelijke validiteit van de temperatuurwaarden in KIS. De KD beoordeelt daartoe in principe ieder nieuwe waarde, daarbij geholpen door de output van de bovenbeschreven testprocedures. Een ontbrekende waarde, of een waarde die overduidelijk onjuist is, wordt zo mogelijk vervangen op grond van door de KD vastgelegde procedures. De alternatieve waarde kan worden gebaseerd op onder meer:

- lineaire interpolatie van aangrenzende (correcte) waarden in de tijdreeks;
- ruimtelijke interpolatie op grond van synchrone waarden van 2 of meer nabije stations;
- inschatting van de uurwaarde op grond van de tijdreeksen 10-minuten gegevens.

Vervanging geschiedt handmatig, waarbij iedere situatie individueel wordt beoordeeld.


4.3 procedures voor inspectie

Iedere thermometer met operationele functie in het KNMI-waarnemnet wordt gemiddeld 2 maal per jaar geïnspecteerd door een stationsinspecteur van WM/OD. Deze procedure betreft zowel de sensoren op 1,50 m hoogte als de sensoren op 10 cm hoogte. Ook kan een extra tussentijdse inspectie plaatsvinden, indien de validatie van data daartoe aanleiding geeft. Ook de eventueel op bemande stations gebruikte back-up sensoren vallen onder dit inspectie regime. De waarnemers op de betrokken stations worden geacht de onzekerheid van deze hulpmiddelen continu in de gaten te houden.

Bij voorkeur vindt inspectie plaats:

- a) in het geval van plaatsing van een sensor op een nieuw meetstation;
- b) indien op een locatie de sensor vervangen is.

In beide gevallen wordt WM/OD door INSA/MSB geïnformeerd over de ophanden zijnde plaatsing c.q. vervanging. Binnen 1 week na plaatsing c.q. vervanging wordt WM/OW hieromtrent door INSA/MSB bericht, inclusief toezending ijkbevijs, zodat een inspectie kan geschieden.



De inspectie omvat de volgende controles:

- a) Vergelijking van een door de operationele sensor gemeten momentane 12" waarde met de corresponderende en synchrone momentane waarde, zoals gemeten door een referentie thermometer (dit is een voor dit doel conform KNMI-ijkprocedures gekalibreerde Pt 500 thermometer, zie ref.5). Van alle inspectiebezoeken wordt een rapport opgesteld door de stationsinspecteur. dit rapport wordt KNMI breed verspreid, volgens een lijst van betrokken medewerkers, opgesteld door WM/OD/SB. Op grond van geconstateerde afwijkingen (absolute afwijking $\geq 0,2$ °C) informeert de inspecteur INSA/MSB en treedt in overleg, c.q. maakt afspraken voor eventuele correctieve acties. Deze afspraken worden vastgelegd en de inspecteur ziet toe op het verloop van deze afspraken
- b) Controle of de ijktermijn van het meetinstrument nog niet is verlopen. Is dit wel het geval dan wordt INSA/MSB hierover geïnformeerd, opdat uitwisseling zal plaatsvinden.
- c) Een visuele beoordeling of de meetomstandigheden en de omgeving aan de gestelde condities voldoen (zie par. 6.2). Ook hierover wordt gerapporteerd in het inspectierapport. Afhankelijk van de situatie beoordeelt de stationsinspecteur welke correctieve acties ondernomen dienen te worden om een en ander te herstellen conform de operationele eisen. De acties kunnen variëren van een opdracht, c.q. verzoek aan de beheerder van het betreffende waarneemterrein tot aanpassing van de terreinsituatie tot de start van een procedure om een nieuw waarneemterrein te zoeken. Bij defecten aan de meetopstelling wordt een opdracht voor herstel aan INSA/MSB gestuurd.



5. Herleiding parameters

Voor de bepaling of herleiding van een aantal parameters wordt gebruik gemaakt van temperatuurwaarden:

- a) referentie gewasverdamping volgens Makkink o.a. uit daggemiddelde temperatuur. Voor een herleiding, zie hoofdstuk 10
- b) maximale dampspanning (uit o.a. de temperatuur op 1,50 m hoogte) ten behoeve van de berekening van de dauwpunt-temperatuur (uit relatieve vochtigheid en temperatuur). Zie de herleiding in hoofdstuk 4
- c) herleiding luchtdruk naar ander niveau, bijv. msl. Zie de herleiding in hoofdstuk 3
- d) vaststellen stabiliteit atmosfeer uit t , t_{10} en zo mogelijk de 10' standaard deviatie.
- e) 'natte bol' temperatuur (uit vochtigheid en luchttemperatuur) t.b.v. een algoritme voor het vaststellen van onderkoelde neerslag (*present weather*)



6. Opstellingseisen en omgevingscondities

6.1 Opstellingseisen -voorzieningen

luchttemperatuur 1,50 m hoogte

De sensoren voor de meting van de temperatuur dienen volgens de WMO op een hoogte tussen 1.25 en 2.00 meter boven vlak terrein gesitueerd te zijn (zie ref.1). Het KNMI hanteert als standaardhoogte: 150 cm. Het terrein waarboven gemeten wordt dient bedekt te zijn met kort gemaaid gras, eventuele sneeuw hoeft niet te worden verwijderd. Het meetelement mag niet significant worden beïnvloed door zonlicht, straling en weersverschijnselen, zoals neerslag, dauw, rijp en wind. Hiertoe is het meetelement geplaatst in stralingsafschermende schotelhut. Deze hut is aan de buitenkant wit en van binnen zwart, zodat minimale stralingsinvloed bestaat. De ruimte tussen de schotels is zodanig dat zonlicht en warmtestraling geen invloed heeft op het meetelement, maar de ruimte in de hut wel op een natuurlijke wijze goed kan ventileren. Zie voor gedetailleerde informatie over thermometer hutten, ref. 16.



figuur 2a, opstelling met de schotelhut op een landstation (De Bilt)



figuur 2b, opstelling met de schotelhut op een zeestation (Meetpost Noordwijk)

luchttemperatuur 10 cm hoogte

De sensoren voor de meting van de luchttemperatuur op 10 cm hoogte dienen volgens hetzelfde principe als bij de meting op 150 cm geplaatst te zijn. De sensor wordt opgesteld in een speciale stralingsafscherming, mede vanwege het feit dat zeer dicht bij het aardoppervlak gemeten wordt.

Het terrein rond de meetapparatuur dient bedekt te zijn met zeer kort geschooren gras, maximaal 3 cm hoog. In het geval dat het terrein met sneeuw is bedekt, dient dit terrein met een straal van 50 cm rond de opstelling sneeuwvrij te worden gemaakt.



figuur 3: schotelhut met stralingsafscherming voor 10 cm temperatuur

6.2 Conditie m.b.t. omgeving en meetlocatie/representativiteit waarnemingen

In de nabijheid mogen zich geen obstakels als gebouwen en bomen bevinden, die van invloed kunnen zijn op de te meten variabele. Deze kunnen door uitstraling de temperatuur beïnvloeden en aldus de representativiteit van de waarneming aantasten. Bovendien ontstaat als gevolg van dergelijke objecten een soort dalstructuur waarbinnen warme of koude lucht blijft “hangen”. De temperatuur van de lucht in dit “dal” kan zo (sterk) afwijken van de luchttemperatuur in de omgeving.

Concreet gaat het er om dat het omliggende terrein ten aanzien van gewassen, beplantingen en bebouwing rondom het waarneemterrein voldoende vrij is, waarbij op een gebied met een straal:

- a) van 25 m er zich geen gewassen en/of beplanting bevinden die een hoogte van 50 cm te boven gaan
- b) tussen 25 m en 50 m er zich geen gewassen en/of beplanting bevinden met een hoogte tot 1,50 m
- c) van 100 m geen obstakels zoals bomen en struiken
- d) van 400 m geen obstakels zoals schuren of andere gebouwen en bossen; Voor eventuele objecten buiten de straal van 100 m zal de hoogte minder dan 1/10-de van de afstand van het object tot het meetterrein dienen te zijn.

Referenties

1. World Meteorological Organization, 1996; *Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observations* (WMO-No. 8, Sixth edition, WMO, Genève, 1996)
2. Meteorologische Instrumenten, Elementaire Vakopleiding Meteorologie (EVM), module AII, J.G. van der Vliet, 1993 (KNMI document)
3. Synoptische en klimatologische waarnemingen en codes, Elementaire Vakopleiding Meteorologie (EVM), module A4/BI, E.Chavanu, 1996 (KNMI document)
4. X-SIAM-specificatie, J.R.Bijma, KNMI-insa, KNMI-document, Insa Documentnummer ID-30-015, 1998
5. Calibratieprocedures van het KNMI-IJklaboratorium, A. van Londen, Insa/IO, KNMI-document (valt onder ISO 9001)
6. Het Internationale Stelsel van Eenheden (SI), Nederlands Meetinstituut KNMI, 1994
7. KNMI-handboek meteorologische codes, editie 1994
8. International Civil Aviation Organisation (ICAO), July 1999: 'Meteorological Service for International Air Navigation, International Standards and Recommended Practices', annex 3 to the convention on International Civil Aviation, 12th edition; dit document is identiek aan World Meteorological Organization, 1995; *Technical regulations, vol. 2* (WMO-No. 49; WMO, Genève, 1998)
9. Basisontwerp Vernieuwing Operationeel Klimatologisch Informatie-systeem VOKIS, 1992, KNMI-document
10. Van Wylen, G.J., and R.E. Sonntag, *Fundamentals of Classical Thermodynamics* (John Wiley & Sons, New York, 1978)
11. Ferdi van Kuijlen, "Beknopte handleiding voor Waarnemingen op Zee" (KNMI, 2001- in druk).
12. H. Preston-Thomas (Comité International des Poids et Mesures), *The International Temperature Scale of 1990* (Metrologica 27(1989)3-10)
13. Wylie, R.G. and T. Lalas, *Measurements of Air Temperature and Humidity* (WMO-No. 759, Technical Note No. 194, WMO, Genève, 1992)
14. S. Letestu, *International Meteorological Tables* (WMO-No. 188. TP. 94, WMO, Genève, 1966)
15. Wylie, R.S. and Th. Lalas, *Measurements of Temperature and Humidity* (WMO-No. 759 T.N. 194, WMO, Genève, 1991)
16. World Meteorological Organization, *Manual on Codes* (WMO-No. 306; WMO, Genève, 1995)
17. World Meteorological Organization, *The Effect of Thermometer Screen Design on the Observed Temperature* (WMO-No. 315; WMO, Genève, 1971)

Inhoud

Hoofdstuk 3. Atmosferische druk

1. Beschrijving 3 - 1
 - 1.1 benaming van de grootheid 3 - 1
 - 1.2 definitie; omschrijving van het begrip 3 - 1
 - 1.3 eenheden 3 - 1
 - 1.4 variabelen 3 - 1
 - 1.5 elementcodes 3 - 3

 2. Operationele eisen 3 - 5
 - 2.1 bereik 3 - 5
 - 2.2 waarneemresolutie in verband met berichtgeving 3 - 5
 - 2.3 vereiste nauwkeurigheid 3 - 5
 - 2.4 vereiste waarneemfrequentie en –tijdstippen 3 - 5
 - 2.5 vereiste data-aanwezigheid per specifieke periode 3 - 6

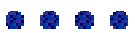
 3. Instrumenten en techniek 3 - 7
 - 3.1 techniek en specificaties 3 - 7
 - 3.2 onderhoud- en calibratieprocedures 3 - 7

 4. Procedures 3 - 9
 - 4.1 procedures bij uitval automatische waarnemingen 3 - 9
 - 4.2 procedures voor achteraf validatie drukwaarden 3 - 9
 - 4.3 procedures voor inspectie 3 - 9

 5. Herleiding van parameters: herleiding van luchtdruk naar ander niveau 3 - 11
 - 5.1 algemeen 3 - 11
 - 5.2 berekening van de stationsluchtdruk: P_0 3 - 11
 - 5.3 berekening van de druk op MSL: P 3 - 11
 - 5.4 berekening van Q_{NH} 3 - 12
 - 5.5 bepalen virtuele temperatuur 3 - 12

 6. Opstellingseisen en omgevingscondities 3 - 13
 - 6.1 algemeen 3 - 13
 - 6.2 opstellingseisen en –voorzieningen 3 - 13
 - 6.3 condities m.b.t. omgeving en meetlocatie,
 - c.q. representativiteit waarnemingen 3 - 14
- Referenties 3 - 15





3. Atmosferische druk

1. Beschrijving

1.1 benaming van de grootheid

Algemene benaming: Atmosferische druk of luchtdruk.

Internationale aanduiding (WMO no.8,ref.1): atmospheric pressure.

1.2 definitie; omschrijving van het begrip

De atmosferische druk is de kracht per oppervlakte eenheid die het gevolg is van het gewicht van de atmosfeer boven het meetpunt. Deze druk is derhalve gelijk aan het gewicht van de totale verticale luchtkolom boven het eenheidsoppervlakte.

(conform WMO no.8, par. 3.1.1, ref.1 en WMO no.182, A2930, ref.16)

1.3 eenheden

a) erkende eenheid volgens SI (ref. 13)

De erkende eenheid volgens SI (ref.13)

De SI-eenheid voor druk is Pa (=pascal).

In de meteorologie wordt zowel luchtdruk als verandering van luchtdruk (trend) uitgedrukt in hectopascal(hPa).

$1 \text{ hPa} = 100 \text{ Pa}$; $1 \text{ Pa} = 1 \text{ Nm}^{-2} = 1 \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-2}$

(N staat voor Newton: $1 \text{ N} = 1 \text{ kg m s}^{-2}$)

b) niet-erkende eenheid volgens SI (ref.13).

Een eenheid die nog veelvuldig wordt gebruikt, maar niet is erkend volgens SI, is de bar.

$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$; $1 \text{ mbar} = 1 \text{ millibar} = 10^3 \text{ bar}$

$= 100 \text{ Pa} = 1 \text{ hPa}$.

1.4 variabelen

De volgende variabelen worden onderscheiden:

a) De gemeten luchtdruk

aanduiding: p

De gemeten luchtdruk is de waarde van de luchtdruk op sensorlocatie (en sensorhoogte).

b) De stationsluchtdruk

aanduiding: P_0

Deze variabele is de luchtdruk herleid uit de gemeten luchtdruk en naar de officiële hoogte van het waarneemstation. Deze hoogte wordt stationshoogte of stationsniveau genoemd en is bepaald ten opzichte van MSL (Mean Sea Level: gemiddeld zeeniveau). In Nederland mag hiervoor ook NAP (Nieuw Amsterdams Peil) worden genomen. De herleidingswaarde wordt bepaald uit het gewicht per oppervlakte eenheid van de luchtkolom tussen sensorniveau en stationsniveau. Traditioneel is deze kolomhoogte ca. 1,50 meter.

Bij luchtvaartterreinen (aerodromes en helihavens) is de hoogte boven MSL van de operationele baandrempel, c.q. het luchtvaartterrein ook relevant. In het geval dat het absolute verschil tussen deze hoogte en de officiële stationshoogte meer dan 2 m is, wordt de stationsluchtdruk P_0 bepaald door de gemeten luchtdruk p te herleiden naar deze hoogte in plaats van naar het officiële stationsniveau (conform annex III to the convention on International Civil Aviation (ICAO), par. 4.11.3, ref. 4). Het kan voorkomen dat bedoelde hoogte boven MSL groter is dan de sensorhoogte boven MSL, zodat er sprake is van een negatieve herleiding: $P_0 < p$.

QFE

In de synoptische berichtgeving (SYNOP) en de berichtgeving aan de luchtvaart (METAR) wordt de stationsluchtdruk aangeduid met de code QFE. QFE is gelijk aan P_0 , conform luchtvaartvoorschriften 3012, art 1 (ref.17).

c) Luchtdruk, herleid naar zeeniveau

Aanduiding: P

Deze variabele is de luchtdruk herleid uit de stationsluchtdruk P_0 naar MSL-niveau door middel van een factor. Deze factor wordt gevonden door bij P_0 het gewicht per oppervlakte eenheid op te tellen (c.q. af te trekken als het station onder zeeniveau ligt) van de (virtuele) luchtkolom tussen stationsniveau (c.q. niveau luchtvaarterrein, c.q. baandrempel) en zeeniveau.

De (virtuele) luchtkolom wordt verondersteld onderhevig te zijn aan de actuele atmosferische omstandigheden ter plekke van het station (dit is: actuele 1,50 m luchttemperatuur, en actuele luchtdruk P_0).

Op MSL niveau (van toepassing voor Nederlandse stations en stations op de Noordzee) is de herleiding gebaseerd op ca. 0,125 hPa/m. De berekeningsgrondslagen van de herleiding staan in par.5.

Opmerkingen:

In het geval van de stations van het Meetnet Noordzee is de herleiding gebaseerd op de hoogte van het landingsplatform ten opzichte van MSL en dus van de werkelijke luchtkolom tussen platform en het zeeoppervlak.

Voor de naar MSL herleide luchtdruk P wordt in Nederland ook wel het acronym QFF gebruikt.

Deze term is echter niet als zodanig vastgelegd in nationale en internationale regelgeving. Het betreft hier ICAO jargon.

Voor herleidingsfactoren mag niet de term correctiefactor worden gebruikt. Correctiefactoren worden uitsluitend toegepast bij het corrigeren/valideren van meetwaarden.

QNH

Volgens de internationale regelgeving (ICAO) wordt de term QNH gebruikt voor de afstelling van de sub-schaal van een hoogtemeter in het vliegtuig. In deze schaal wordt gebruik gemaakt van het verband van hoogte en luchtdruk volgens de gedefinieerde relatie, de ICAO standaard atmosfeer te weten

$$QNH = A + B \cdot QFE. \text{ (refs.2,22)}$$

De factoren A en B hangen slechts af van de geopotential van het station. Vanwege deze eenvoudige berekeningsgrondslag en omdat in Nederland de herleidingsfactor gering is (<1,04), is QNH ingeburgerd als "QFE herleid tot MSL in de ICAO-standaard atmosfeer" (luchtvaartvoorschriften 3012, art.1; ref.17), als alternatief voor P omdat het verschil tussen QNH en P kleiner is dan de toegestane meetonzekerheid mogen ze door elkaar worden gebruikt.

d) De luchtdrukverandering (tendens)

Aanduiding: a en p.

Deze grootte wordt gegeven in de SYNOP, zie par. 1.5.

Onderscheiden worden:

p: de grootte van de verandering in een bepaald tijdvak (3 uur); in feite gebaseerd op het absolute verschil tussen P_0 -waarde van 3 uur geleden en de actuele P waarde: $P_0(t) - P_0(t-3H)$.

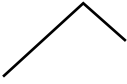
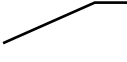
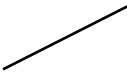



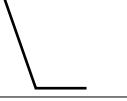
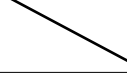
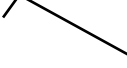
- a: het karakter (weergegeven met het codecijfer 0 t/m 8) van de verandering in dit tijdvak (bijvoorbeeld continu stijgend of eerst stijgend en dan weer dalend, enz.).

De definitie van dit karakter gaat uit van een continue registratie van drukwaarden.

De definitie van het codecijfer staat weergegeven in de onderstaande tabel en is ontleend aan het Handboek Meteorologische Codes (ref. 14). Overeenkomstig de WMO "Manual on Codes" (ref. 18) dient de druktendens te worden bepaald op basis van drukmetingen, die plaatsvinden op tijdstippen, met daartussen gelijke tijdsintervallen van maximaal een uur. Ofschoon de WMO "Manual on Codes" (ref. 18) verwijst naar de "CIMO-Guide" (ref. 1) wat betreft algoritmes is dit daarin nog niet voorzien. Het algoritme, gepubliceerd in WMO documenten, dat thans het meest geschikt lijkt, is afkomstig van L. Bergman (SMHI, zie ref. 19). De methode om a te bepalen op basis van gelijke tijdsintervallen van een uur is weergegeven in onderstaande tabel. Hierbij is uitgegaan van drukmetingen p_0 , p_1 , p_2 en p_3 , te weten de actuele druk en de drukwaarden van een, twee en drie uur geleden respectievelijk.

Definitie en methode ter bepaling van de druktendens

Tabel 3.1

Code cijfer	Omschrijving		Grafische presentatie	Po-P3	Po+P3-P1-P2	Po-P1
0	luchtdruk is dezelfde of hoger dan drie uur tevoren	stijgend, daarna dalend		+ o	- -	- +,o,-
1	luchtdruk is hoger dan drie uur tevoren	stijgend daarna standvastig		+	-	+,o
2	luchtdruk is hoger dan drie uur tevoren	stijgend (regelmatig of onregelmatig)		+	o	+,o,-
3	luchtdruk is hoger dan drie uur tevoren	dalend of standvastig, daarna stijgend; of stijgend, daarna sneller stijgend		+	+	+,o,-
4	luchtdruk is dezelfde als drie uur tevoren	standvastig		o	o	+,o,-
5	luchtdruk is dezelfde als of lager dan drie uur tevoren	dalend, daarna stijgend		o -	+ +	+,o,- +
6	luchtdruk is lager dan drie uur tevoren	dalend, daarna standvastig; of dalend, daarna langzamer dalend		-	+	o,-
7	luchtdruk is lager dan drie uur tevoren	dalend (regelmatig of onregelmatig)		-	o	+,o,-
8	luchtdruk is lager dan drie uur tevoren	stijgend of standvastig, daarna dalend		-	-	+,o,-

+: uitkomst > 0, -: uitkomst < 0.

1.5 elementcodes

De codering met betrekking tot de drukwaarden in de synop en de METAR is vastgelegd in het KNMI-handboek meteorologische codes (ref.14). Module A4/B1, Waarnemen, van de Elementaire Vakopleiding Meteorologie (ref.6, hoofdstuk 8) is hierbij een goede leidraad.

Van toepassing zijnde groepen in het synoptisch weerrapport van een vast landstation, FM 12-X SYNOP:

- Stationsluchtdruk: $3P_0P_0P_0P_0$, pseudo code: QFE
De waarde van $P_0P_0P_0P_0$ is in 0,1 hPa, te vermeerderen met 1000,0 hPa indien $P_0P_0P_0P_0 < 1000$,
voorbeelden: 39822: $P_0 = 982,2$ hPa, 30201: $P_0 = 1020,1$ hPa.
- Luchtdruk, herleid naar MSL: codering 4PPPP, pseudo code:QFF
De waarde van PPPP is in 0,1 hPa, te vermeerderen met 1000,0 hPa indien PPPP < 1000, dus analoog als bij 3 $P_0P_0P_0P_0$.
- luchtdrukverandering: codering 5 appp
a: karakter van de luchtdrukverandering: er worden 9 typen onderscheiden, aangegeven met de cijfers a=0 t/m 8 (zie onder 1.4).
ppp: grootte van de absolute luchtdrukverandering in de afgelopen 3 uur, de waarde is in 0,1 hPa.

Enkele voorbeelden:

- appp = 2008: luchtdruk stijgend (regelmatig of onregelmatig)sinds de afgelopen 3 uur, stijging: 0,8 hPa,
- appp = 5002: druk dalend, daarna stijgend, maar lager dan 3 uur geleden, daling: 0,2 hPa,
- appp = 8013: druk stijgend of standvastig, daarna dalend; of dalend daarna sneller dalend; druk lager dan 3 uur geleden, daling: 1,3 hPa.

Van toepassing zijnde groep in het weerrapport ten behoeve van de luchtvaart, FM 15-IX EXT. METAR

- luchtdruk, herleid naar MSL, berekend volgens de ICAO standaard atmosfeer:codering $QP_HP_HP_HP_H$, pseudo code:QNH
De waarde is in hele hPa.
voorbeelden: Q1022:QNH =1022 hPa
Q0987:QNH = 987 hPa
Notabene: in de METAR worden de drukwaarden niet afgerond naar hele hPa, maar afgekapt. Dus $P_H = 987,8$ hPa wordt: Q0987

2 Operationele eisen

2.1 bereik

Door de wmo is als operationeel gebied voor de waarnemingen van de naar msl herleide druk gegeven: $P=920 - 1080$ hPa (referenties 1 en 3). Vanwege de relatief kleine hoogte-verschillen tussen stationsniveau en MSL in Nederland of op de Noordzee is de kans dat de gemeten luchtdruk P of P_0 kleiner dan 940 hPa c.q. groter dan 1060 hPa is gelet op waarnemingen in het verleden, nihil. Als operationeel gebied (range) voor waarnemingen luchtdruk geldt derhalve 940,0 - 1060,0 hPa.

2.2 waarneemresolutie in verband met berichtgeving

De vereiste resolutie in de waarneming van de luchtdruk is gebaseerd op de vereiste resolutie in de rapportage van de synoptische meteorologie en in de lokale berichtgeving op luchthavens en helihavens: 0.1 hPa (conform wmo, ref. 14,18). Deze resolutie is in lijn met de gestelde waarneemonzekerheid (ref.1).

De resolutie van de gepresenteerde luchtdruk in de berichtgeving METAR is in hele hPa (conform ICAO, ref.4).

2.3 vereiste nauwkeurigheid

Internationale regelgeving betreffende het woordgebruik en begrippen als nauwkeurigheid, onzekerheid en hysteresis zijn vastgelegd in de "International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology" (uitg. ISO; zie ref.20).

- De onzekerheid in de gemeten luchtdruk dient niet groter te zijn dan: 0.1 hPa (conform wmo, ref.1)
- De gewenste operationele nauwkeurigheid van de luchtdruk voor P en P_0 in de synoptische berichtgeving (SYNOP) is: 0.3 hPa (conform wmo, ref.1)
- De gewenste operationele nauwkeurigheid van de luchtdrukverandering in de synoptische berichtgeving (SYNOP) is: 0.2 hPa (conform wmo, ref.1)
- De vereiste nauwkeurigheid van de luchtdruk ten behoeve van de interne berichtgeving op een luchthaven of een helihaven is: 0.1 hPa
- De gewenste operationele nauwkeurigheid van de luchtdruk ten behoeve van de luchtvaartmeteorologische berichtgeving (METAR) is : 0.5 hPa (conform ICAO, ref.4)

2.4 vereiste waarneemfrequentie en -tijdstippen

1' gemiddelde

Overeenkomstig de richtlijnen van de wmo (ref. 1 en 18) dient de berichtgeving gebaseerd te zijn op 1 minuut gemiddelde waarden

Deze gemiddelden betreffen steeds het rekenkundig gemiddelde van de continue waarnemingen van de afgelopen periode, in dit geval een minuut. Gelet op het trage verloop van drukveranderingen is een 1' gemiddelde dat gebaseerd is op vijf voorafgaande 12 seconde metingen voldoende nauwkeurig, hetgeen voor data acquisitie van digitale systemen een geschikte methode is (zoals bij de SIAM).

Voorbeeld: de 1'waarde op het tijdstip 14u08'00" is het gemiddelde van de puntwaarden op de tijdstippen 14u07'12", 14u07'24", 14u07'36", 14u07'48" en 14u08'00".

10' gemiddelde

Ofschoon uurlijkse (SYNOP) en halfuurlijkse (METAR) berichtgeving nog gebruikelijk is, is er een duidelijke internationale ontwikkeling gaande in het presenteren van gegevens met een 10 minuten resolutie. Om hieraan te voldoen is de generatie van 10' gemiddelden en de bijbehorende standaard deviaties wenselijk. Overigens zijn deze parameters een goed hulpmiddel voor de validatie van de metingen zelf. Voor het bepalen van de standaard deviatie gemeten met digitale instrumenten, dient de sample frequentie voldoende hoog te zijn. Voor de druk zijn 12 samples goed geschikt.

Voorbeeld: De 10' waarde op het tijdstip 13u20'00" is het gemiddelde van 50 puntwaarden: 13u10'12", 13u10'24", 13u10'36" enz. t.m. 13u20'00".

uurwaarde luchtdruk (SYNOP)

De drukwaarde op 10 minuten voor het gehele uur gemiddeld over de afgelopen minuut wordt gebruikt voor het bepalen cq. afleiden van de drukwaarden P_oP_oP_oP_o en PPPP in de uurlijkse SYNOP. Deze waarneemtijd ligt binnen de periode die (internationaal) gesteld is voor het verrichten van de SYNOP waarneming (ca. 15 minuten voor het gehele uur tot uiterlijk 2 minuten voor het gehele uur, zie ook ref. 6).

uurwaarde luchtdrukverandering (SYNOP)

Dit is het absolute verschil tussen de actuele SYNOP-uurwaarde luchtdruk P_oP_oP_oP_o en die van 3 uur geleden.

halfuurwaarde luchtdruk (METAR)

Het tijdstip voor het METAR-bericht is precies 5 minuten vóór het gehele uur c.q. precies 5 minuten vóór het halve uur. De luchtdrukwaarde in de METAR (QNH)P_HP_HP_HP_H wordt afgeleid uit de 1' gemiddelde drukwaarde op precies 5 minuten vóór het tijdstip METAR-bericht, dus op precies 10 minuten voor het hele uur c.q. precies 10 minuten voor het halve uur.

Voorbeeld: QNH op 10.25 UTC is het naar MSL herleide 1 minuut gemiddelde berekend over de periode 10u19'00" 10u20'00" (conform herleiding met ICAO standaardatmosfeer).

2.5 vereiste data-aanwezigheid per specifieke periode

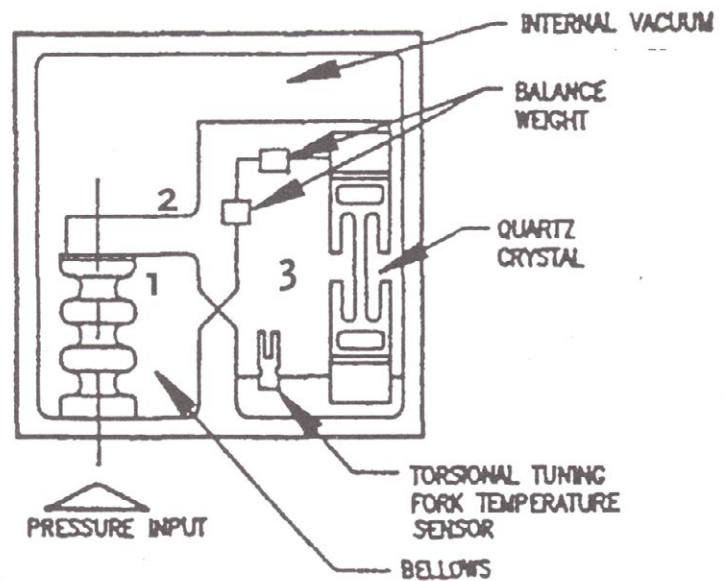
Een gemiddelde over een bepaald tijdvak kan worden gebaseerd op beschikbare 12" meetwaarden (geen "////"). Gelet op de aard van de parameter luchtdruk en het betrekkelijk geringe verloop per tijdseenheid ervan is voor het (operationeel) vaststellen van een 1-minuutgemiddelde c.q. 10-minutengemiddelde een 100% beschikbaarheid van 12" meetwaarden in het onderhavige tijdvak niet vereist. Minimale eis: één enkele 12" waarde in het onderhavige tijdvak. Het presenteren van een kwaliteitsgetal, waarin het aantal beschikbare meetwaarden wordt weergegeven, is wenselijk. Zie bijv. ref.10.

3. Instrumenten en techniek

3.1 techniek en specificaties

standaardmeetinstrument

Als operationeel meetinstrument in de waarnemstations wordt door het KNMI de digitale barometer Paroscientific, model 1015A gebruikt. De meetonzekerheid onder laboratorium condities van dit instrument is 0,03 hPa, dus beter dan de operationeel vereiste nauwkeurigheid van 0,1 hPa. Het meetbereik van het meetsysteem (instrument, inclusief SIAM) is: 940,0 – 1060,0 hPa, conform het door het KNMI gekozen gebied voor operationele drukwaarnemingen. (Referenties: ref.5 en ref.8.)



Figuur 3.1 sensor gedeelte digitale barometer (Paroscientific 1015A)

Beschrijving en werking Paroscientific 1015A:


De barometer maakt gebruik van een "Digiquartz Pressure Transducer", gebaseerd op een resonator van dun kwarts kristal.(3).

Dit piezo elektrische materiaal wordt met behulp van een wisselspanning geëxiteerd en in resonantie gebracht.

De resonantie frequentie wordt vervolgens bepaald. Deze is namelijk een functie van de mechanische druk die via een balans (2) en de atmosferische druk overbrenger (1) op het kristal wordt overgebracht. Naast de basis resonantie frequentie worden ook boventonen gemeten, waardoor na berekening, de temperatuur invloed wordt geëlimineerd. (referenties: ref.12,15).

- back-up meetinstrument

Op bemande stations waar slechts één enkel operationeel standaard meetinstrument aanwezig is, is – voor het geval dit instrument buiten gebruik is – ook een back-up instrument aanwezig, dat met de hand wordt bediend (model: Negretti & Zambra type MK2) en waarmee p wordt bepaald en P_0 en P herleid met behulp van de hierna aangegeven herleidingsvoorschriften (zie ook 4.1). De meetonzekerheid van dit instrument is 0,3 hPa.



3.2 onderhoud- en calibratieprocedures

De meetinstrumenten dienen te voldoen aan de nauwkeurigheidseisen. Hiertoe is periodiek onderhoud nodig, waarbij de instrumenten door middel van calibratie op door ervaring bepaalde intervallen worden getoetst en gejusteerd aan de gestelde eisen. Een calibratiecertificaat wordt vastgesteld, waarbij de referentie meetwaarden volledig herleidbaar zijn naar een door de RvA erkende standaard (ref.15). De KNMI afdeling Insa is verantwoordelijk voor deze procedures die vastgelegd zijn in de Calibratieprocedures volgens ISO-9001 van het KNMI-ijklaboratorium. (ref.7)

4. Procedures

4.1 procedures bij uitval automatische waarnemingen

Aanvulling bij uitval van de automatisch gegenereerde waarden in *SYNOP* en *METAR* vindt niet plaats. Op bemande stations waar back-up apparatuur aanwezig is, kunnen eventueel de waarnemingen van deze apparaten als alternatief gebruikt worden (lokaal gebruik). Alleen bij uitzonderingssituaties kan hiervan worden afgeweken.

4.2 procedures voor achteraf validatie drukwaarden

Het Klimatologische Informatiesysteem (*KIS*) van het *KNMI* bevat gearcheiverde waarden van de luchtdruk, herleid naar zeeniveau (*P*) en luchtdrukverandering op zeeniveau (*a*, *p*; zie: code *appp*) van de land-en zeestations. De invoer van de gegevens in dit systeem geschiedt op dagbasis en betreft de uurlijkse waarden van het afgelopen etmaal (uurvakken $h = 00$ t/m 23 UTC). Alle nieuw in *KIS* ingevoerde waarden worden dagelijks onderworpen aan automatische controleprocedures die in het systeem ingeprogrammeerd zijn. Het gaat om de volgende procedures per station:

- test op aanwezigheid $P_h = P$ en $AP_h = ap$ (*KIS*-codering), met
 - P_h : waarde *P* op uur *h*
 - AP_h : a_h en p_h : achtereenvolgens code *a* en waarde *p* op uur *h*
- per waarde P_h :
 - a) Indien $\text{abs}[P_h - P_{h-1}] > 4,0$ hPa dan “verdacht”;
 - b) indien $P_h > 1060,0$ hPa dan “verdacht”;
 - c) indien $P_h < 940,0$ hPa dan “verdacht”.
- per waarde P_h uit AP_h , weergegeven met p_h :
Indien $|p_h - |P_h - P_{h-3}|| > 0,3$ hPa dan “verdacht”.

De afdeling *WM/OW* wordt geïnformeerd ingeval verdachte waarnemingen worden geconstateerd. Op grond hiervan kunnen maatregelen worden getroffen in de vorm van onderhoud (door *INSA/MSB*).

De afdeling Klimatologische Dienstverlening (*WM/KD*) van het *KNMI* is verantwoordelijk voor de uiteindelijke validiteit van de drukwaarden in *KIS*. De *WM/KD* beoordeelt daartoe in principe iedere waarde, daarbij geholpen door de output van de bovenbeschreven testprocedures. Een ontbrekende waarde of een waarde, die overduidelijk onjuist is, wordt zo mogelijk vervangen op grond van door de *WM/KD* vastgelegde procedures.

De alternatieve waarde kan worden gebaseerd op onder meer:

- a) lineaire interpolatie van aangrenzende (correcte) waarden in de tijdreeks;
- b) ruimtelijke interpolatie op grond van synchrone waarden van 2 of meer nabije stations;
- c) inschatting van de uurwaarde op grond van de tijdreeksen van 10-minuten meetgegevens (10' gemiddelden).

Vervanging geschiedt handmatig, waarbij iedere situatie individueel wordt beoordeeld.

4.3 procedures voor inspectie

Iedere barometer met een operationele functie in het *KNMI*-waarneemnet wordt gemiddeld 2 maal per jaar geïnspecteerd door een stationsinspecteur van *WM/OW*. Op verzoek van *WM/KD* kan een extra tussentijdse inspectie plaatsvin-

den, indien de validatie van data daartoe aanleiding geeft. Ook de op bemande stations gebruikte back-up sensoren vallen onder dit inspectieregime. De waarnemers op de betrokken stations worden geacht de onzekerheid van deze hulpmiddelen continu in de gaten te houden.

Bij voorkeur vindt inspectie plaats:

- a) in het geval van plaatsing van een barometer op een nieuw meetstation;
- b) indien op een locatie de barometer vervangen is.

In beide gevallen wordt *WM/OW* vooraf door *INSA/MSB* geïnformeerd door middel van een tijdsplan van de ophanden zijnde plaatsing c.q. vervanging. Binnen 1 week na plaatsing c.q. vervanging wordt *WM/OW* hieromtrent door *INSA/MSB* bericht, inclusief toezending ijkbewijs, zodat een inspectie kan geschieden.

De inspectie omvat de volgende controles:

- a) Vergelijking van een door de sensor gemeten instantane waarde (12"puntwaarde druk) met de corresponderende en synchrone puntwaarde druk, zoals gemeten door een referentie barometer (dit is een cf. *KNMI*-ijkprocedures gekalibreerde digitale barometer Paroscientific type 760, ref.7). Van alle inspectiebezoeken wordt een rapport opgesteld door de stationsinspecteur. Dit rapport wordt *KNMI* breed verspreid, volgens een lijst van betrokken medewerkers, opgesteld door Hoofd *WM/OW*. Op grond van geconstateerde afwijkingen (absolute afwijking groter dan 0,2 hPa) informeert de inspecteur *INSA/MSB* en treedt in overleg, c.q. maakt afspraken voor eventuele correctieve acties. Deze afspraken worden vastgelegd en de inspecteur ziet toe op het verloop van de afspraken.
- b) Controle of de ijktermijn van het meetinstrument nog niet is verlopen. Is dit het geval dan wordt *INSA/MSB* hierover geïnformeerd, opdat uitwisseling zal plaatsvinden.
- c) Een visuele beoordeling of de meetomstandigheden en de omgeving aan de gestelde condities voldoen (zie par.6). Ook hierover wordt gerapporteerd in het inspectierapport. Afhankelijk van de situatie beoordeelt de stationsinspecteur welke correctieve acties ondernomen dienen te worden om een en ander te herstellen conform de operationele eisen. De acties kunnen variëren van een opdracht c.q. verzoek aan de beheerder van het betreffende waarneemterrein tot aanpassing van de terreinsituatie tot de start van een procedure om een nieuw waarneemterrein te zoeken. Bij defecten aan de meetopstelling wordt een opdracht voor herstel aan *INSA/MSB* gestuurd.

5. Herleiding van parameters: herleiding luchtdruk naar ander niveau

5.1 Algemeen

Voor de herleiding van de door de sensor gemeten p-waarde naar de druk waarde op zeeniveau P beveelt de wmo een herleidingsformule aan (zie ref. 21). Voor stations, vrijwel op hoogte van zeeniveau mag een eenvoudiger herleidingsformule worden toegepast, mits het resultaat de onzekerheid van 0,2 hPa niet te boven gaat. Dit geldt voor vrijwel geheel Nederland en ook op de Noordzee wordt deze vereenvoudigde methode nationaal toegepast.

Conform de wmo-richtlijnen (ref.1, par.3.11.2) kan voor de land- en zeestations van Nederland voor de herleiding van de luchtdruk op een niveau 1 in verticale richting naar niveau 2 de volgende herleidingsformule worden gebruikt:

$$\Delta p = p(h_2) - p(h_1) = - \left(\frac{p(h_1)}{29,27} \cdot \frac{\Delta h}{T_v} \right); \Delta h = h_2 - h_1 \quad (1)$$

- p(h₁) is de waarde luchtdruk op niveau 1 (hPa)
- p(h₂) is de synchrone waarde luchtdruk op niveau 2 (hPa)
- Δh is de verticale afstand tussen beide niveaus, h₂-h₁ (m)
- T_v is de "virtuele" temperatuur op de betreffende locatie (niveau 1) (K)
- 29,27 is een constante die bepaald wordt door de dichtheid van lucht volgens de gaswet voor droge lucht. (m/k)

NB de zogenaamde virtuele temperatuur van lucht (zoals bemeten, incl. waterdamp) is gelijk aan de temperatuur van droge lucht (dus zonder waterdamp) met dezelfde druk en dezelfde dichtheid als de lucht met waterdamp (ref.1, par.3.11.2) bij de huidige temperatuur T.

5.2 Berekening van de stationsluchtdruk: P_o

De berekening van P_o (= QFE) is gebaseerd op de hierboven beschreven formule (1).

$$P_o = p + \left(\frac{p}{29,27} \cdot \frac{\Delta h}{T^*} \right) \quad (2)$$

- p is de door de sensor gemeten luchtdruk (puntwaarde c.q.gemiddelde waarde) (hPa)
- Δ h is de sensorhoogte minus de stationshoogte (c.q.platformhoogte c.q. touchdownhoogte,(zie 1.4) (m)
- Nota bene: Δh is dus niet noodzakelijkerwijs dezelfde als de hoogte van de sensor boven het maaiveld! Δ h kan ook een negatieve waarde hebben.
- T * is het gemiddelde van de actuele 1,5 m luchttemperatuur en de 1,5 m luchttemperatuur van 12 uur geleden (K)
- (zie opmerkingen over de bepaling van T onder 5.5)

5.3 Berekening van de druk op MSL: P

De berekening van P is gebaseerd op formule (1), waarbij wordt uitgegaan van de werkelijke, actuele atmosfeer.

$$P = P_o + \left(\frac{P_o}{29,27} \cdot \frac{H}{T^*} \right) \quad (4)$$

- P_0 is de berekende luchtdruk op stationshoogte (c.q. platformhoogte, c.q. touchdownhoogte)
- H is de stationshoogte tov MSL (c.q. platformhoogte boven MSL, c.q. touchdownhoogte boven MSL) (m)
- T^* is het gemiddelde van de actuele 1,5 m luchttemperatuur en de 1,5 m luchttemperatuur van 12 uur geleden (Kelvin)
(zie opmerkingen over de bepaling van T onder 5.5)

5.4 Berekening van QNH

De berekening van QNH wijkt af van de berekening van P omdat wordt uitgegaan van de standaardatmosfeer volgens ICAO-normen (ref.2). Evenals hierboven is voor Nederland gekozen voor een vereenvoudigde herleidingsformule omdat H gering is:

$$QNH = QFE + 0,120 \cdot H \quad (3)$$

- H is de stationshoogte tov MSL (c.q. platformhoogte boven MSL, c.q. touchdownhoogte boven MSL) (m)

5.5 Bepalen virtuele temperatuur

De virtuele temperatuur zoals benodigd in de herleidingsformules, kan goed benaderd worden door de gemiddelde luchttemperatuur van de afgelopen 12 uur. Hiertoe wordt in principe genomen het gemiddelde van de actuele luchttemperatuur en de luchttemperatuur van 12 uur geleden. De volgende procedure wordt gehanteerd:

- a) als waarde voor de “actuele luchttemperatuur” wordt genomen de actuele waarde van de (1,5 m) luchttemperatuur; deze waarde is in principe niet ouder dan 1 uur;
- b) als waarde voor de “luchttemperatuur van 12 uur geleden” wordt genomen de waarde van de (1,5 m) luchttemperatuur die 12 uur ouder is dan de actuele waarde; indien deze waarde niet beschikbaar is, wordt de oudst aanwezige waarde van de (1,5 m) temperatuur genomen;
- c) het kan zich voordoen dat in het beoogde tijdvak (volgens criteria a en b) maar 1 waarde (1,5 m) temperatuur beschikbaar is; dan vindt geen middeling plaats en wordt deze waarde genomen in de herleidingsformules;
- d) indien in het beoogde tijdvak geen enkele luchttemperatuur volgens de criteria a en b beschikbaar is, wordt een normatieve waarde van de gemiddelde maandtemperatuur genomen, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen landstations en zeestations (zie tabel).

maand	A	B
01	2,2	5
02	2,5	5
03	4,9	5
04	7,9	7
05	12,1	10
06	15,0	13
07	16,6	15
08	16,7	16
09	14,1	14
10	10,6	12
11	6,1	9
12	3,3	6

Tabel 3.2

- kolom A:
maandwaarden (1,5 m) luchttemperatuur voor alle land- en kuststations (°C) (ref.11)
- kolom B:
maandwaarden luchttemperatuur voor de stations op de Noordzee (°C) (normgegevens gebaseerd op periode 1961 t / m 1980, informatie WM/KD)
Nota bene:
Bij stations op de Noordzee wordt de temperatuur en de atmosferische druk niet gemeten op ca.1,5 m boven MSL, maar ter hoogte van het platform.
De gemeten luchttemperatuur en –druk wordt geacht gelijk te zijn aan die op stationshoogte.



6. Opstellingseisen en omgevingscondities

6.1 Algemeen:

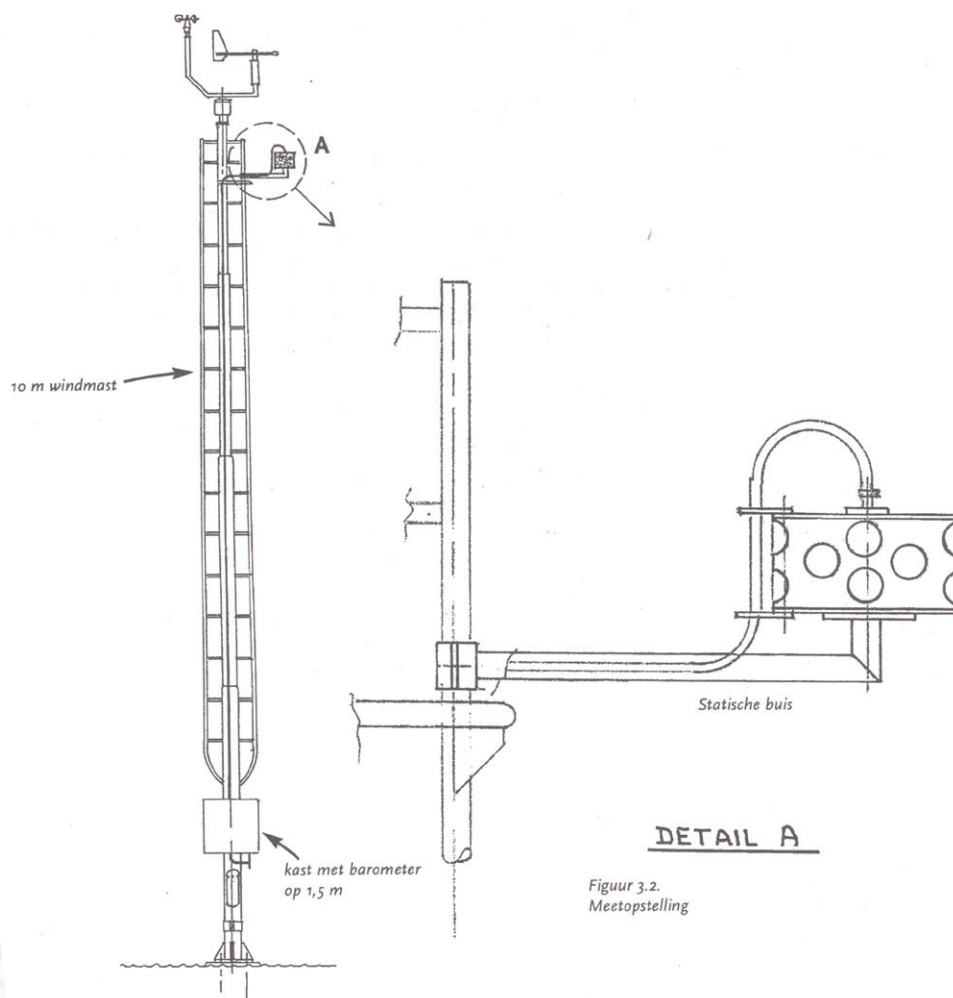
De wind kan drukmetingen sterk beïnvloeden. Niet alleen zijn meetfouten van meer dan 1 hPa mogelijk, ook kunnen sterke drukfluctuaties plaatsvinden (zie ref. 23).

Met name bij metingen in gebouwen wordt veel hinder ondervonden (druk opbouw, c.q. zuigende werkingen). Gemeten moet daarom worden in een omgeving waarbij dit effect zo klein mogelijk is en met behulp van een zogenaamde "statische buis".

6.2 Opstellingseisen en -voorzieningen:

Kwalitatieve eisen met betrekking tot de opstelling van de meetapparatuur in een operationeel waarnemstation zijn:

- a) er moet sprake zijn van ongestoorde lucht, dat wil zeggen de drukwaarneming mag niet beïnvloed worden door luchtwervelingen ten gevolge van de wind, maar ook niet als gevolg van passerende objecten;



Figuur 3.2.
Meetopstelling

- b) er mag geen beïnvloeding van de drukwaarneming zijn door wind of luchtwervelingen als gevolg van ruwheid of losstaande objecten; (plotselinge) beïnvloeding van de luchttemperatuur en daarmee van de drukwaarneming, bijvoorbeeld door direct zonlicht, lamplicht, verwar-

mingsapparatuur, e.d., moet vermeden worden
c) er moet sprake zijn van een trillingvrije opstelling.
De opstellingseisen betreffen zowel het operationele instrument als een eventuele back-up barometer. (Ref.5)

Door de druksensor in een speciale behuizing te plaatsen, die gekoppeld is aan een zogeheten statische buis kan hieraan worden voldaan. De ingang van deze buis dient zodanig te worden geplaatst dat de kans op bovengenoemde invloeden minimaal is.

Door een geschikte lengte van de buis te kiezen kunnen eventueel toch optredende storingen zo goed mogelijk uitgedempt worden.

Een geschikte methode is het bevestigen van druksensor en statische buis aan de windmast, waarbij de sensor zich op een hoogte van ca. 1,5 meter boven het maaiveld bevindt en de ingang van de statische buis op een hoogte van ca. 8 meter boven het maaiveld. (de invloed van de windmast op het drukveld en op de representativiteit van de waarneming is nihil).

Indien een dergelijke opstelling niet mogelijk is, bijvoorbeeld vanwege het ontbreken van een windmast en ook in het geval van de back-up metingen, dienen toch zodanige meetomstandigheden gecreëerd te worden dat voldaan wordt aan bovenstaande vereisten.

Een nadere detailuitwerking is weergegeven in ref. 24 (KNMI opstelcondities voor luchtdrukmeting).


6.3 *Conditie m.b.t. omgeving en meetlocatie, c.q. representativiteit waarnemingen*

Ten einde de representativiteit van de waarnemingen voor de omgeving te waarborgen, mogen zich in de directe omgeving van de meetlocatie geen vaste of bewegende obstakels bevinden:

- a) de afstand van de meetopstelling ten opzichte van de meest nabije vaste grote objecten, zoals gebouwen, bomen, bosranden e.d. dient tenminste 5 maal de hoogte van de betreffende objecten te zijn; voorbeeld: de afstand tot een gebouw met een hoogte van 15 meter moet ten minste 75 meter zijn;
- b) de afstand tot (structureel of ad hoc) bewegende objecten (vergelijk autoverkeer of passerende vliegtuigen op start-of landingsbaan) moet ten minste 200 meter zijn.

Referenties

1. World Meteorological Organization, 1996: WMO-No. 8, Guide to meteorological instruments and methods of observations, 6th edition, 1996 (i.h.b. Hoofdstuk 3); WMO, Genève, 1996.
2. World Meteorological Organization, 1973, International Meteorological Tables, WMO-No. 188 in het bijzonder tabel 3.9 over ICAO standaardatmosfeer); WMO, Genève, 1973.
3. Statement of operational accuracy requirements of level II data, according to WMO codes SYNOP, SHIP, METAR and SPECI; Annex X van WMO no.807 (CIMO XI)
4. International Civil Aviation Organization 1998: Meteorological Service for International Air Navigation, International Standards and Recommended Practices, Annex 3 to the Convention on International Civil Aviation, 13th edition; ICAO, Montreal, Canada, 1998.
5. KNMI, 1993: Meteorologische Instrumenten, Elementaire Vakopleiding Meteorologie (EVM), module A11, J.G. van der Vliet; KNMI, De Bilt, 1993.
6. KNMI, 1996: Synoptische en klimatologische waarnemingen en codes, Elementaire Vakopleiding Meteorologie (EVM), module A4/B1, E.Chavanu; KNMI, De Bilt, 1996.
7. KNMI, 1994: Calibratieprocedures van het KNMI-IJklaboratorium volgens ISO-9001, A. van Londen, Insa/IO; KNMI, De Bilt, 1994.
8. KNMI, 1994: XPI-SIAM Paroscientific, J.R.Bijma, KNMI-Insa, KNMI-document, Insa Documentnummer ID-30-010; KNMI, De Bilt, 1994.
9. KNMI, 1992: Basis ontwerp Vernieuwing Operationeel Klimatologisch Informatiesysteem VOKIS, 1992; KNMI document.
10. KNMI 1997: X-SIAM-specificatie, J.R.Bijma, KNMI-Insa, KNMI-document, Insa Documentnummer ID-30-015; KNMI, De Bilt, 1997.
11. KNMI 1992: Klimatologische gegevens van Nederlandse stations: normen en extreme waarden van de 15 hoofdstations voor het tijdvak 1961-1990, KNMI publicatienummer 150-27; KNMI, De Bilt, 1992
12. Paroscientific; 1994: Fiber-optic Pressure Sensors with 0.01 % accuracy, J.M. Paros, Redmond, WA, USA.
13. Nederlands Meetinstituut, 1994; Het Internationale Stelsel van Eenheden (SI); NMI, Delft 1994.
14. KNMI, 1994: Handboek Meteorologische Codes; KNMI, De Bilt, 1994-1999.
15. World Meteorological Organization, 1992: The WMO Automatic Digital Barometer Intercomparison, Instruments and Observing Methods Report no.46, WMO/TD-no.474; WMO Genève, 1992.
16. World Meteorological Organization, 1992: International Meteorological Vocabulary, WMO-No. 182, second edition; WMO, Genève, 1992.

- 
17. Luchtvaartvoorschriften; Staatsuitgeverij 's-Gravenhage.
 18. World Meteorological Organization, 1995: Manual on Codes, wmo-No. 306; wmo, Genève, 1995.
 19. wmo, 1985; Pressure Tendency and Discontinuity in Wind; L. Bergman et al, SMHI; in: Instruments and Observing Methods Report No. 22, wmo/TD-No. 50; wmo, Genève, 1985.
 20. International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology, uitg. ISO 1993.
 21. World Meteorological Organization, 1954: Reduction of Atmospheric Pressure, wmo-No. 36. TP. 12, Technical Note No. 7; wmo, Genève, 1954.
 22. International Civil Aviation Organization, 1993: Manual of the ICAO Standard Atmosphere, ICAO Doc. 7488/3; ICAO, Montreal 1993.
 23. Liu, H. en G.L. Darkow, 1989: Wind Effect on Measured Atmospheric Pressure, J. Atmosph. Ocean. Techn. 6 (1989) 5.
 24. KNMI/INSA, 1990: Opstelcondities voor Luchtdrukmeting, besluit SgINSA 90/10, d.d. 14 juni 1990.

Inhoud

Hoofdstuk 4. Vochtigheid

1. Beschrijving 4 - 1
 - 1.1 benaming van de basisgrootheden 4 - 1
 - 1.2 definitie; omschrijving van de begrippen 4 - 1
 - 1.3 eenheden 4 - 1
 - 1.4 elementcodes 4 - 2
2. Operationele eisen 4 - 3
 - 2.1 bereik 4 - 3
 - 2.2 waarneemresolutie in verband met berichtgeving 4 - 3
 - 2.3 vereiste nauwkeurigheid 4 - 3
 - 2.4 vereiste waarneemfrequentie en -tijdstippen 4 - 3
 - 2.5 vereiste data-aanwezigheid per specifieke periode 4 - 4
3. Instrumenten en techniek 4 - 5
 - 3.1 techniek en specificaties 4 - 5
 - 3.2 onderhoud- en calibratieprocedures 4 - 5
4. Procedures 4 - 7
 - 4.1 procedures bij uitval automatische waarnemingen 4 - 7
 - 4.2 procedures voor achteraf validatie 4 - 7
 - 4.3 procedures voor inspectie 4 - 7
5. Herleiding van andere parametrs: berekening van de dauwpuntstemperatuur T_d 4 - 9
 - 5.1 algemeen 4 - 9
 - 5.2 berekening van de verzadigingsdampspanning 4 - 9
 - 5.3 berekening van de dampspanning e 4 - 10
 - 5.4 berekening van de dauwpuntstemperatuur T_d 4 - 10
 - 5.5 berekening RV uit t en T_d 4 - 11
6. Opstellingseisen en omgevingscondities 4 - 13
 - 6.1 algemeen 4 - 13
 - 6.2 opstellingseisen en -voorzieningen 4 - 13
 - 6.3 condities m.b.t. omgeving en meetlocatie, c.q. representativiteit waarnemingen 4 - 13

Referenties 4 - 14





4 Vochtigheid

1. Beschrijving

1.1 benaming van de basisgrootheden

Algemene Benaming:

- Relatieve vochtigheid.
- Dauwpuntstemperatuur

Internationale aanduiding:

- relative humidity
- dewpoint temperature

(WMO no.8.ref 1)

1.2 definitie; omschrijving van de begrippen

De relatieve vochtigheid (RV) wordt berekend uit de dampspanning (e) en de verzadigingsdampspanning (e_s) bij de heersende temperatuur (T).

De dampspanning is de druk die door de in de atmosfeer aanwezige waterdampmoleculen wordt uitgeoefend. Deze druk maakt deel uit van de totale luchtdruk.

De verzadigingsdampspanning is de dampspanning waarbij de lucht in evenwicht is met een water- c.q. ijsoppervlak. Een hogere dampspanning is bij de gegeven condities niet mogelijk omdat de waterdamp dan condenseert, dat wil zeggen van gasfase (of dampfase) overgaat in vloeistoffase.

De verzadigingsdampspanning is onder meer afhankelijk van de temperatuur.

Voor lucht met temperatuur T en dampspanning e geldt:

$$RV = e / e_s(T) * 100\%$$

De dauwpuntstemperatuur (T_d) is de temperatuur tot welke de lucht bij gelijkblijvende overige omstandigheden moet worden afgekoeld om een volledige verzadiging van de in de lucht aanwezige waterdamp te bereiken.

(WMO no.8., par.4.1.1, ref 1)

1.3 eenheden

De gebruikte eenheden zijn conform het internationale stelsel van eenheden (SI) (ref.12)

- *Dampspanning en verzadigingsdampspanning:* hPa
 $1 \text{ hPa} = 100 \text{ Pa}$; $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$ (N is Newton: $1 \text{ N} = 1 \text{ kg m / s}^2$)

- *Relatieve vochtigheid:* %

- *Dauwpuntstemperatuur:* K (afgeleide: °C)

De erkende eenheid volgens SI (ref.12) voor de temperatuur is Kelvin (K).
 1 Kelvin (1 K) is de fractie $1/273,16$ van de temperatuur van het triple point van water (gemeten in K).

Naast deze "Kelvin"temperatuur kent men de "Celsius" temperatuur. De erkende eenheid volgens SI (ref.12) voor deze temperatuur is graad Celsius (°C).

Voor de relatie Celsius temperatuur(t) en Kelvin temperatuur(T) geldt:

$$t = T - 273,15$$

Een interval van 1 graad Celsius (1°C) is gelijk aan 1 K .

(WMO no.8., par.4.1.2, ref 1.)

1.4 elementcodes

De volgende symbolen worden gebruikt:

- relatieve vochtigheid: RV (WMO en WM/KD gebruiken U als symbool)
- dauwpuntstemperatuur: T_d
- dampspanning: e (WM/KD gebruikt EE als symbool)
- verzadigingsdampspanning: e_s

De codering met betrekking tot de uurwaarden van de dauwpuntstemperatuur in de SYNOP en de METAR is conform het KNMI-handboek meteorologische codes (ref.14). Tevens kan hierbij gerefereerd worden aan de module A4/BI, Waarnemen, van de Elementaire Vakopleiding Meteorologie (ref.4).

De code voor de dauwpuntstemperatuur in de SYNOP: $2s_n T_d T_d T_d$

$s_n = 0$: waarde ≥ 0 °C

$s_n = 1$: waarde < 0 °C

voorbeelden:

20117: dauwpuntstemperatuur $T_d = +11,7$ °C

21042: dauwpuntstemperatuur $T_d = -4,2$ °C

De code voor de dauwpuntstemperatuur in de METAR is $T'_d T'_d$. De dauwpuntstemperatuur wordt in de METAR gemeld in hele graden Celsius. Een negatieve dauwpuntstemperatuur wordt voorafgegaan door de letter M (=minus).

Voorbeelden:

dauwpuntstemperatuur $T_d = 19$ °C wordt: $T'_d T'_d = 19$

dauwpuntstemperatuur $T_d = -6$ °C wordt: $T'_d T'_d = M06$

2. Operationele eisen

2.1 bereik

Het operationeel gebied (range) voor de waarnemingen relatieve vochtigheid respectievelijk dauwpuntstemperatuur is:

- relatieve vochtigheid: 5 - 100%
 - dauwpuntstemperatuur: $< -60 - +35^{\circ}\text{C}$
- (conform WMO-norm: ref. 1 en ref. 2.)

2.2 waarneemresolutie in verband met berichtgeving

De synoptische meteorologie en de klimatologie vereisen een resolutie in de waarnemingen van de relatieve vochtigheid van 1% en een resolutie in de waarnemingen van de dauwpuntstemperatuur van 0,1 K (of 0,1°C).

Een en ander is conform de WMO-norm: ref. 1 en ref. 2.

De resolutie van de dauwpuntstemperatuur in de METAR-berichtgeving is: 1 K of 1°C. (conform ICAO-richtlijnen: ref.15.)

2.3 vereiste nauwkeurigheid

Internationale regelgeving betreffende het woordgebruik en begrippen als nauwkeurigheid, onzekerheid en hysteresis zijn vastgelegd in de "International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology" (uitg. ISO; zie ref.16).

- De onzekerheid in de gemeten c.q berekende dauwpuntstemperatuur dient niet groter te zijn dan: 0.5 K (conform WMO, ref.1);
- De onzekerheid in de gemeten c.q berekende relatieve vochtigheid dient niet groter te zijn dan: 3% (conform WMO, ref.1);
- De gewenste operationele nauwkeurigheid van de dauwpuntstemperatuur in de synoptische berichtgeving (SYNOP) is: 0.5 K (conform WMO, ref.1);
- De gewenste operationele nauwkeurigheid van de relatieve vochtigheid in de synoptische berichtgeving (SYNOP) is:
5% (indien $RV \leq 50\%$) en 3% (indien $RV > 50\%$)
(conform WMO, ref.1 en ref.2);
- De gewenste operationele nauwkeurigheid van de dauwpuntstemperatuur ten behoeve van de luchtvaartmeteorologische berichtgeving (METAR) is :
1 K (conform WMO, ref.2 en ICAO, ref.15).

2.4 vereiste waarneemfrequentie en -tijdstippen

1'gemiddelde

De registratie van de 1-minuut waarde van de relatieve vochtigheid, respectievelijk van de dauwpuntstemperatuur is de basis voor alle gewenste herleidingen, alsmede voor alle berichtgevingen (conform WMO, ref.1).

Teneinde dit te realiseren registreert de SIAM per 12 seconden de momentane waarde van de relatieve vochtigheid, respectievelijk van de dauwpuntstemperatuur. Verder wordt door de SIAM per 12 seconden de gemiddelde waarde over de afgelopen minuut bepaald als het rekenkundig gemiddelde van vijf 12-seconden registraties (dit is inclusief de laatst geregistreerde momentane waarde).

In de 10-minutendataopslagsystemen, zoals de lokale dataopslag van een AWS,

wordt elke 10-minuten het aldus berekende 1-minuut gemiddelde over de afgelopen laatste minuut geregistreerd.

Voorbeeld: de 1 minuutwaarde op het tijdstip 1410'00" is het rekenkundig gemiddelde van de momentane waarden op de tijdstippen 1409'12", 1409'24", 1409'36", 1409'48" en 1410'00". (NB in de praktijk zal er altijd een nalooptijd zijn van ca. 5 tot 17 seconden, "momentaan" is dus in feite "momentaan plus nalooptijd")

uurwaarde dauwpuntstemperatuur (SYNOP)

De 1 minuut gemiddelde waarde van de dauwpuntstemperatuur zoals geregistreerd op precies 10 minuten voor het gehele uur (dit is de 1 minuut gemiddelde waarde over het tijdvak van 11 minuten voor het gehele uur tot precies 10 minuten voor het gehele uur) wordt gebruikt als dauwpuntstemperatuur T_d (code $2s_n T_d T_d T_d$) in de uurlijkse SYNOP. Deze waarneemtijd ligt binnen de periode die (internationaal) gesteld wordt voor het verrichten van de SYNOP waarneming (ca. 15 minuten voor het gehele uur tot uiterlijk 2 minuten voor het gehele uur, zie ook ref. 4).

halfuurwaarde dauwpuntstemperatuur (METAR)

Het tijdstip voor het METAR-bericht is precies 5 minuten vóór het gehele uur c.q. precies 5 minuten vóór het halve uur. De dauwpuntstemperatuur in de METAR (code $T'dT'd$) wordt afgeleid uit de 1 minuut gemiddelde waarde op precies 5 minuten vóór het tijdstip METAR-bericht, dat wil zeggen op precies 10 minuten voor het hele uur c.q. precies 10 minuten voor het halve uur.

Voorbeeld: $T_d T_d$ op 10.25 UTC is de 1 minuut gemiddelde dauwpuntstemperatuur over de periode de periode 1019' - 1020'.

2.5 vereiste data-aanwezigheid per specifieke periode

Een gemiddelde over een bepaald tijdvak kan worden gebaseerd op beschikbare 12" meetwaarden. Gelet op de aard van de parameter en het betrekkelijk geringe verloop per tijdseenheid ervan is voor het (operationeel) vaststellen van een 1-minuutgemiddelde c.q. 10-minutengemiddelde een 100% beschikbaarheid van 12" meetwaarden in het onderhavige tijdvak niet vereist. Minimale eis: één enkele 12" waarde in het onderhavige tijdvak.

3. Instrumenten en techniek

3.1 techniek en specificaties

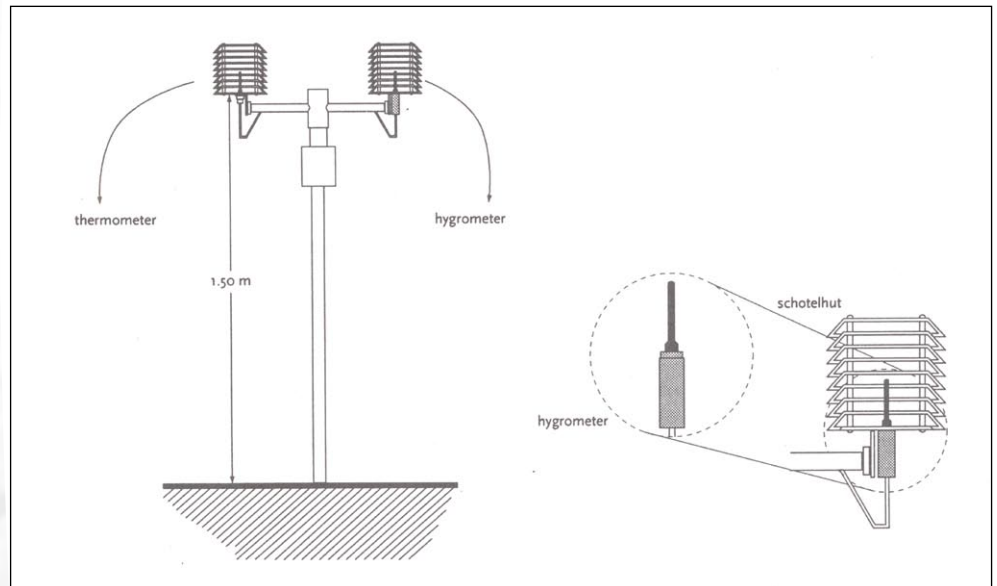
Het KNMI gebruikt de capacitatieve vochtigheidsmeter (Vaisala) als standaardinstrument voor de meting van de relatieve vochtigheid. (inclusief als testinstrument tijdens een inspectiebezoek)

De dauwpuntstemperatuur wordt afgeleid uit de temperatuur en de relatieve vochtigheid. Het vaststellen van de dauwpuntstemperatuur vereist derhalve 2 sensoren:

- sensor voor de temperatuurmeting (zie hoofdstuk over temperatuur);
- sensor voor de meting van de relatieve vochtigheid.

De technische specificaties van de vochtigheidsmeter met de SIAM zijn als volgt:

Meetbereik:	2 tot 100% RV;
Resolutie:	1% RV;
Nauwkeurigheid:	$\pm 3,5\%$ RV;
Meetfrequentie:	1/12 Hz.



3.2 onderhoud- en calibratieprocedures

De calibratieprocedures zijn vastgelegd in het ISO-9001 kwaliteitssysteem van INSA, als onderdeel van de procedure 2.2.3 beheersprocedure preventief onderhoud.

De ijkingen c.q. controles vinden plaats in een klimaatkamer waarin de relatieve vochtigheidssensor wordt vergeleken met een Michell S4000 dauwpuntsspiegel. Dit referentie-instrument wordt op zijn beurt gecalibreerd in het NPL (UK) en heeft volgens die calibratie een meetonzekerheid van $\pm 0,13$ °C voor het dauwpunt.



4. Procedures

4.1 procedures bij uitval automatische waarnemingen

De richtlijnen bij afwezigheid van data zijn als volgt:

- a) *niet-luchtvaartstations:*
Indien de vochtmeting van omringende stations aanwezig is, wordt de reparatie uitgevoerd op de eerstvolgende werkdag.
Indien de vochtmeting van omringende stations (tenminste 2 binnen 50 km. afstand) onvoldoende aanwezig is, wordt de reparatie aangevraagd binnen 12 uur na het begin van de storing.
- b) *luchtvaartstations:*
Indien kan worden teruggevallen op de metingen van een andere vochtsensor op het vliegveld, wordt de reparatie uitgevoerd op de eerstvolgende werkdag.
Indien geen backup vochtmeting ter plaatse beschikbaar is, wordt de reparatie onmiddellijk na het begin van de storing uitgevoerd.

4.2 procedures voor achteraf validatie

In het Klimatologische Informatiesysteem KIS worden de SYNOP-waarden dauwpuntstemperatuur op dagbasis ingelezen en gearcheeerd. De corresponderende waarden relatieve vochtigheid worden berekend uit de temperatuur en de dauwpuntstemperatuur (par.5). Per station per uurwaarde RV_h wordt vervolgens automatisch de volgende controleprocedure toegepast:

$$RV_h - \{ 2/3 (RV_{h-1} + RV_{h+1}) - 1/6 (RV_{h-2} + RV_{h+2}) \} \text{ moet } \leq 15\% \text{ anders verdacht.}$$

Een verdachte c.q. ontbrekende waarde wordt zo mogelijk vervangen.

De alternatieve waarde wordt gebaseerd op:

- lineaire interpolatie van aangrenzende (correcte) waarden in de tijdreeks;
- ruimtelijke interpolatie op grond van synchrone waarden van 2 of meer nabije stations;
- inschatting van de uurwaarde op grond van de tijdserie 10-minuten waarden.

Vervanging geschiedt handmatig.

4.3 procedures voor inspectie


Iedere vochtigheidsmeter met een operationele functie in het KNMI-waarnemingsnet wordt gemiddeld 2 maal per jaar geïnspecteerd door een stationsinspecteur van WM/OW. Op verzoek van WM/KD kan een extra tussentijdse inspectie plaatsvinden, indien de validatie van data daartoe aanleiding geeft.

Voorts kan inspectie geschieden in het geval van plaatsing van een vochtigheidsmeter op een nieuw meetstation.

In dit laatste geval wordt WM/OW vooraf door INSA/MSB geïnformeerd door middel van een tijdsplan van de ophanden zijnde plaatsing. Binnen 1 week na plaatsing krijgt WM/OW hiervan bericht, inclusief toezending ijkbewijs.

De inspectie omvat de volgende controles:

- a) Een vergelijking van de door de sensor gemeten waarde relatieve vochtigheid met de waarde relatieve vochtigheid, zoals gemeten door een referentie sensor. Deze sensor is een cf. KNMI-ijkprocedures gecalibreerde capacitatieve vochtigheidsmeter. Indien de waarde relatieve vochtigheid een absolute afwijking van 3% of meer heeft kwalificeert de inspecteur de betreffende locatie voor wat betreft de



operationele waarnemingen relatieve vochtigheid als onvoldoende. Op grond van de geconstateerde afwijkingen informeert de inspecteur de afdeling INSA/MSB en treedt in overleg, c.q. maakt afspraken voor eventuele correctieve acties. Deze afspraken worden vastgelegd en de inspecteur ziet toe op het verloop van de afspraken.

- b) Controle of de ijktermijn van het meetinstrument nog niet is verlopen. Is dit het geval dan wordt de afdeling INSA/MSB hierover geïnformeerd, opdat uitwisseling zal plaatsvinden.
- c) Een visuele beoordeling of de meetomstandigheden en de omgeving aan de gestelde condities voldoen (zie par.6). Indien dit niet het geval is, kwalificeert de inspecteur de betreffende locatie voor wat betreft de operationele waarnemingen relatieve vochtigheid als onvoldoende. Afhankelijk van de situatie beoordeelt de stationsinspecteur welke correctieve acties ondernomen dienen te worden om een en ander te herstellen conform de operationele eisen. De acties kunnen variëren van een opdracht c.q. verzoek aan de beheerder van het betreffende waarneemterrein tot aanpassing van de terreinsituatie tot de start van een procedure om een nieuw waarneemterrein te zoeken. Bij defecten aan de meetopstelling wordt een opdracht voor herstel aan de afdeling INSA/MSB gestuurd.

Van alle inspectiebezoeken wordt een rapport opgesteld door de stationsinspecteur. Dit rapport wordt KNMI breed verspreid, volgens een lijst van betrokken medewerkers, opgesteld door HOW.

5. Herleiding van andere parameters: berekening van de dauwpuntstemperatuur T_d

5.1 Algemeen

Bij de afleiding van de dauwpuntstemperatuur T_d worden de volgende parameters gebruikt:

- de temperatuur T , die rechtstreeks gemeten wordt;
- de relatieve vochtigheid RV , die eveneens rechtstreeks gemeten wordt;
- de verzadigingsdampspanning $e_s(t)$ die een functie is van de temperatuur T (K): t (°C) = T (K) - 273.15;
- de dampspanning e bij de gegeven omstandigheden, die volgt uit de relatieve vochtigheid en de verzadigingsdampspanning.

5.2 Berekening van de verzadigingsdampspanning

De meest nauwkeurigste berekening van de verzadigingsdampspanning $e_s(t)$ geschiedt met behulp van het zogeheten Goff-Gratch polynoom (ref.5). De WMO hanteert dit polynoom als standaardformule. Vanwege de complexiteit van deze formule en de daaruitvolgende grote rekenintensiviteit adviseert de WMO de volgende benaderingsformules (ref.1):

Voor waterdamp in evenwicht met een (eventueel onderkoeld) vlak wateroppervlak:
$$e_s(t) = 6,112 * e^{\{17,62 \cdot t / (t + 243,12)\}}$$
 (1)

Boven ijs:

$$e_s(t) = 6,112 * e^{\{22,46 \cdot t / (t + 272,62)\}}$$
 (2)

Genoemde formules zijn van toepassing op zuivere waterdamp. In het geval er sprake is van vochtige lucht, dat wil zeggen lucht en waterdamp, zou nog een kleine correctie moeten worden aangebracht. Deze afwijking is echter, gegeven de vereiste nauwkeurigheid, verwaarloosbaar. De conclusie is dat in het gebied -40 tot +35 °C met behulp van de formule (1) c.q. formule (2) een zeer goede benadering te geven is met betrekking tot de af te leiden parameter. Een en ander conform de vereiste nauwkeurigheid.

Alternatieve benaderingsformules (Magnus, Tetens, Bolton, Sprung) voldoen eveneens aan de vereiste nauwkeurigheid. Deze worden beschreven in KNMI-TR 153 (ref.5) en KNMI-TR 140 (ref. 11).

Het KNMI hanteert een eigen formule ten behoeve van de afleiding dauwpuntstemperatuur in de SYNOP- en METAR:

$$e_s(t) = 6,11 * e^{\{17,504 \cdot t / (t + 241,2)\}}$$
 (3)

Deze formule wordt gebruikt bij zowel water- als ijsituatie, omdat de relatieve vochtigheidssensor meet ten opzichte van waterverzadiging. In de software van de SIAM is deze formule geïmplementeerd (ref.13). Het ijklaboratorium van Insa gebruikt, in goede overeenstemming met (3) de volgende formule:

$$e_s(t) = 6,11213 * e^{\{17,5043 \cdot t / (t + 241,3)\}}$$
 (4)

Bij de berekening met behulp van de formules (3) en (4) voldoet de afgeleide parameter eveneens aan de vereiste nauwkeurigheid.

Bij de archivering van SYNOP-data in het Klimatologische Informatiesysteem KIS wordt de dauwpuntstemperatuur als basisparameter beschouwd, waaruit de synchrone waarde van de relatieve vochtigheid wordt afgeleid. Dit is het

inverse proces als hierboven beschreven is. De afleiding is gebaseerd op de formules van Sprung.

Boven water:

$$e_s(t) = 6,107 * e^{\{17,27 t / (t+237,3)\}} \quad (5)$$

Boven ijs:

$$e_s(t) = 6,107 * e^{\{21,87 t / (t+265,5)\}} \quad (6)$$

(ref.6)

Resumé:

Standaardformule:

$$e_s(t) = A * \exp \{B t / (t+C)\} \quad (7)$$

Wateroppervlak

	A	B	C
WMO	6,112	17,62	243,12
KNMI (SYNOP, METAR, SIAM)	6,11	17,504	241,2
KNMI (INSA IJLAB.)	6,11213	17,5043	241,3
KNMI (KIS)	6,107	17,27	237,3

Ijsoppervlak

	A	B	C
WMO	6,112	22,46	272,62
KNMI (SYNOP, METAR, SIAM)		niet van toepassing	
KNMI (INSA IJLAB.)		niet van toepassing	
KNMI (KIS)	6,107	21,87	265,5

5.3 Berekening van de dampspanning: e

Er geldt

$$RV = \{e / e_s(t)\} * 100\%$$

Hieruit volgt:

$$e = \{RV * e_s(t)\} / 100\% \quad (8)$$

5.4 Berekening van de dauwpuntstemperatuur T_d

Er geldt

$e_s(T_d) = e$, dus uitgaande van de standaardformule (7) krijgt men:

$$A * \exp \{B T_d / (T_d + C)\} = e \quad (9)$$

Via omzetting volgt hieruit:

$$T_d = C * \{\ln e - \ln A\} / \{B - \ln e + \ln A\} \quad (10) \text{ of}$$

$$T_d = C / \{[B / (\ln e - \ln A)] - 1\} \quad (11)$$

5.5 Berekening RV uit t en T_d

In het geval t en T_d bekend zijn, wordt RV berekend middels de volgende procedure:

- $e_s(t)$ wordt berekend mbv (7)
- door invulling van $t = T_d$ in (7) volgt $e = e_s(T_d)$
- RV wordt berekend met $RV = \{e / e_s(t)\} * 100\%$.



6. Opstellingseisen en omgevingscondities

6.1 Opstellingseisen en -voorzieningen

De WMO adviseert dat de sensoren voor de meting van de relatieve vochtigheid plus de dauwpuntstemperatuur worden geplaatst op een hoogte tussen 1.25 en 2.00 meter boven een vlak terrein van ca. 15 x 15 m², dat bedekt is met gras van ca. 4 - 10 cm. hoogte. Het KNMI hanteert als standaard een hoogte van 1,5 meter.

6.2 *Conditie m.b.t. omgeving en meetlocatie, c.q. representativiteit waarnemingen*

In de nabijheid mogen zich geen obstakels als gebouwen en bomen bevinden. Deze kunnen door uitstraling de temperatuur en daarmee de relatieve vochtigheid beïnvloeden. Deze objecten kunnen ook warmte of koude langer vasthouden en aldus langsstromende lucht beïnvloeden. Door deze verschijnselen wordt de representativiteit van de waarneming aangetast. Tevens kan tussen dergelijke objecten warme of koude lucht blijven "hangen". De temperatuur van deze lucht kan zo afwijken van de luchttemperatuur in de ruimere omgeving.

Concreet gaat het om de volgende conditie:

- er mogen zich geen obstakels binnen een straal van 100 meter vanaf de locatie van de sensor bevinden; bovendien zal het aardoppervlak binnen deze straal voldoende vlak moeten zijn; voor eventuele objecten buiten de straal van 100 meter zal de hoogte minder dan 10x de afstand van het object tot het meetterrein dienen te zijn.

De vochtigheidsensor moet zich op een afstand van tenminste 5 meter van wateroppervlakten bevinden (sloten, kanalen, plassen, rivieren, etc.).

Referenties

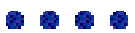
1. WMO, no.8, Guide to meteorological instruments and methods of observations, 6th edition (ihb hoofdstuk 4), WMO, Genève, 1996;
2. Statement of operational accuracy requirements of level II data, according to WMO codes SYNOP, SHIP, METAR and SPECI; Annex X van WMO no.807 (CIMO XI);
3. Meteorologische Instrumenten, Elementaire Vakopleiding Meteorologie (EVM), module A11, J.G. van der Vliet, KNMI, De Bilt, 1993;
4. Synoptische en klimatologische waarnemingen en codes, Elementaire Vakopleiding Meteorologie (EVM), module A4/BI, E.Chavanu, KNMI, De Bilt, 1996;
5. Het APL + programma, R.M.van Westrhenen, KNMI-technisch rapport TR153, KNMI, De Bilt, 1993;
6. Dauwpunt-tabellen voor niet-geventileerde psychrometers, KNMI-memorandum, KNMI, De Bilt, 1982;
7. Basisontwerp Vernieuwing Operationeel Klimatologisch Informatie-systeem VOKIS, 1992, KNMI-document;
8. Vergelijking van de Vaisala's HMP233 en HMP243 relatieve vochtigheids-meters (februari - september 1997), F.Kuik, KNMI-technisch rapport TR-201, KNMI, De Bilt, 1997;
9. Calibratieprocedures van het KNMI-IJklaboratorium volgens ISO-9001, A. van Londen, Insa/10, KNMI, De Bilt, 1994;
10. World Meteorological Organisation WMO-no.49, Technical Regulations, Volume 1, Appendix A, WMO, Genève, 1988;
11. Fysische Meteorologie, H.R.A.Wessels, KNMI-technisch rapport TR140, KNMI, De Bilt, 1991;
12. Het Internationale Stelsel van Eenheden (SI), Nederlands Meetinstituut NMI, Delft, 1994;
13. X-SIAM-specificatie, J.R.Bijma, KNMI-Insa, KNMI-document, Insa Documentnummer ID-30-015, KNMI, De Bilt, 1997;
14. KNMI-handboek meteorologische codes, KNMI, De Bilt, 1994-1999;
15. International Civil Aviation Organisation ICAO: 'Meteorological Service for International Air Navigation, International Standards and Recommended Practices', annex III to the convention on International Civil Aviation, 13th edition, ICAO, Montreal, 1998;
16. International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology, uitg. ISO, 1993.

Inhoud

Hoofdstuk 5. Wind

1. Beschrijving 5 - 1
 - 1.1 benaming van de basisgrootheid 5 - 1
 - 1.2 definitie; omschrijving van het begrip 5 - 1
 - 1.3 eenheden 5 - 1
 - 1.4 variabelen 5 - 1
 - 1.5 elementcodes 5 - 2
 2. Operationele eisen 5 - 7
 - 2.1 bereik 5 - 7
 - 2.2 waarneemresolutie in verband met berichtgeving 5 - 7
 - 2.3 vereiste nauwkeurigheid 5 - 7
 - 2.4 vereiste waarneemfrequentie en -tijdstippen 5 - 7
 - 2.5 vereiste data-aanwezigheid per specifieke periode 5 - 10
 3. Instrumenten en techniek 5 - 11
 - 3.1 techniek en specificaties 5 - 11
 - 3.2 onderhoud- en calibratieprocedures 5 - 12
 4. Procedures 5 - 13
 - 4.1 procedures bij uitval automatische waarnemingen 5 - 13
 - 4.2 procedures voor achteraf validatie 5 - 13
 - 4.3 procedures voor inspectie 5 - 14
 5. Herleiding van parameters 5 - 17
 - 5.1 herleiding gemeten windsnelheid naar potentiële windsnelheid 5 - 17
 6. Opstellingseisen en omgevingscondities 5 - 19
 - 6.1 opstellingseisen en -voorzieningen 5 - 19
 - 6.2 condities m.b.t. omgeving en meetlocatie, c.q. representativiteit waarnemingen 5 - 19
- Referenties 5 - 21





5. Wind

1. Beschrijving

1.1 benaming van de grootheid

Algemene benaming: wind.

Internationale aanduiding: surface wind (WMO no.8, ref. 1)

1.2 definitie; omschrijving van het begrip

Wind is de horizontale verplaatsing van lucht. De belangrijkste oorzaak van deze luchtverplaatsing is verschil in luchtdruk. Het luchtdrukverschil per afstand is de luchtdrukgradient. Naarmate deze gradiënt groter is, des te groter en krachtiger zal de luchtverplaatsing zijn. De ligging van gebieden met hogere luchtdruk ten opzichte van de gebieden met lagere druk is in belangrijke mate bepalend voor de richting van de luchtverplaatsing.

De windparameters die in de meteorologie en klimatologie een rol spelen zijn:

- windsnelheid (windspeed)
- windrichting (winddirection)
- windstoot of vlaag (windgust)

1.3 eenheden

a) erkende eenheid volgens SI (ref.13)

De erkende eenheden volgens SI zijn:

- windsnelheid: m/s
- windrichting: booggraden
- windvlaag: m/s

b) niet-erkende eenheid volgens SI (ref.13)

In de operationele meteorologie en met name in de luchtvaartmeteorologie is de gebruikelijke eenheid voor windsnelheid en -vlaag nog steeds: knopen (Eng: knots, kortweg: kts).

1 knoop = 1 zeemijl per uur = 1852 m / 3600 s = 0.514444 m/s.

1.4 variabelen

De volgende variabelen worden onderscheiden:

a) windsnelheid:

De windsnelheid is de horizontale snelheid van (een) lucht(deeltje) in m/s.

b) gemiddelde windsnelheid:

De gemiddelde windsnelheid betreft het gemiddelde van de horizontale snelheid van de op een bepaald geografisch punt passerende luchtdeeltjes gedurende een vooraf gedefinieerd tijdvak, bijvoorbeeld 10 minuten.

Operationeel komt dit neer op het rekenkundig gemiddelde van alle in het betreffende tijdvak geregistreerde 3" gemiddelden.

c) momentane windsnelheid:

De momentane windsnelheid is de actuele windsnelheid in m/s. Feitelijk betreft het de gemiddelde windsnelheid van de afgelopen 3 seconden.

d) maximale windstoot of vlaag (Eng: gust):

Bedoeld wordt de maximale windsnelheid in een bepaald tijdvak.

Operationeel betreft het de hoogst geregistreerde 3" gemiddelde waarde in een gedefinieerd tijdvak, bijvoorbeeld 10 minuten.

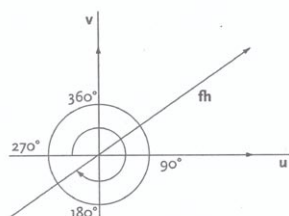
e) *windrichting:*

De windrichting op een bepaald geografisch punt is de horizontale verplaatsingsrichting van een lucht(deeltje). In de meteorologische conventie wordt de windrichting gedefinieerd als de richting *van waaruit* de wind waait (ic de richting waarnaar men kijkt als men met het gezicht in de wind staat). De richting wordt bepaald door de hoek ten opzichte van de positieve (y-)as. In het assenstelsel is de y-as gericht op het ware geografische noorden (in de luchtvaartmeteorologie is deze as gericht op het aardmagnetische noorden). Het positieve deel van de loodrecht op de y-as staande x-as is gericht op het oosten. De hoek varieert van 0 tot en met 360 booggraden gerekend vanaf de positieve y-as en met de wijzers van de klok mee.

Voorbeeld:

In de meteorologische conventie is een zuid-westelijke wind een wind die uit het zuidwesten waait en equivalent is met een windrichting van 225 booggraden (225°).

f) *windvector en vectorcomponenten:*



De vector van de wind geeft aan de richting waar de wind naartoe waait en is dus precies het tegenovergestelde van de meteorologische windrichting. De windvector wordt bepaald door de grootte van de horizontale windsnelheid en de tegenovergestelde meteorologische windrichting. De vectorcomponenten zijn de projecties van de windvector op respectievelijk de x-as en de y-as: resp u-component en v-component; zie plaatje.

g) *gemiddelde windrichting:*

Volgens internationale afspraak is de gemiddelde windrichting gebaseerd op de middeling van de onderhavige windrichtingen, waarbij alle corresponderende vectoren als eenheidsvector worden beschouwd. Dat wil zeggen dat bij de bepaling van de gemiddelde windrichting de per vector corresponderende windsnelheid buiten beschouwing wordt gelaten. In casu worden van alle in het betreffende tijdvak geregistreerde winden de gemiddelden van respectievelijk de u-componenten en de v-componenten van de eenheidsvector berekend. De gemiddelde vector wordt vervolgens samengesteld uit de gemiddelde u-component en de gemiddelde v-component. De gemiddelde (meteorologische) windrichting is dan de tegenovergestelde richting van de vector.

1.5 elementcodes

De codering met betrekking tot de wind in de synoptische berichtgeving (SYNOP), de Klimatologische berichtgeving (KLIM) en de berichtgeving aan de luchtvaart (METAR) is vastgelegd in het KNMI-handboek meteorologische codes (ref. 14). Module A4/BI, Waarnemen, van de Elementaire Vakopleiding Meteorologie (ref. 6, hoofdstuk 6) is een goede leidraad.

SYNOP:

- code dd (KIS: DD): de gemiddelde (vectoriele) windrichting in tientallen booggraden in de 10 minuten voorafgaand aan het waarneemtijdstip {d.i. exact 5 minuten voor ieder geheel uur (UTC)}.
- code ff (KIS: FF): de gemiddelde windsnelheid in m/s in de 10 minuten

voorafgaand aan het waarneemtijdstip
{d.i. exact 5 minuten voor ieder geheel uur (UTC)}.

Opmerking 1.

Bij weinig wind (windsnelheid < 2 m/s) c.q. in het geval van sterk variërende wind (standaarddeviatie windrichting ≥ 30 booggraden) wordt de windrichting veranderlijk of variabel genoemd. In deze gevallen wordt codecijfer dd = 99 gebruikt.

Opmerking 2.

Indien zich in het waarneemtijdvak van 10 minuten een significante verandering in het windgedrag voordoet, wordt het gemiddelde bepaald over het tijdvak tussen het tijdstip van verandering en het waarneemtijdstip. Dit geldt dan zowel voor het berekenen van de gemiddelde windrichting, als voor de berekening van de gemiddelde windsnelheid. Men spreekt van een significante verandering indien zich tijdens het waarneemtijdvak één van onderstaande situaties voordoet:

- a) er is gedurende het waarneemtijdvak een abrupte en aanhoudende verandering in de windrichting van 30 booggraden of meer, bij een windsnelheid van 5 m/s of meer voor of na de verandering;
- b) er is sprake van een verandering in de windsnelheid van 5 m/s of meer, welke tenminste 2 minuten aanhoudt.

Voor een gedetailleerde beschrijving: zie document Wind-SIAM, par 2.3.3, ref. 16. De gemiddelde wind (snelheid en richting) wordt dus bepaald over de periode NA de verandering en is derhalve een gemiddelde van kleiner dan 10 minuten.

Dit is overigens niet te herkennen in de berichtgeving!

- code $f_x f_x$:
(in groep 910): de maximale windstoot in m/s in de 10 minuten voorafgaand aan het waarneemtijdstip {d.i. exact 5 minuten voor ieder geheel uur (UTC)} als deze 5 m/s (of meer) groter is dan ff
(in groep 911): de maximale windstoot in m/s in het uurvak voorafgaand aan het waarneemtijdstip {d.i. exact 5 minuten voor ieder geheel uur (UTC)} als deze ≥ 13 m/s is.
 - code $f_m f_m$:
groep 912ff: de maximale 10-minuten gemiddelde windsnelheid in m/s in het uurvak voorafgaand aan het waarneemtijdstip {d.i. exact 5 minuten voor ieder geheel uur (UTC)} als deze ≥ 13 m/s is.
 - code $f_x f_x$:
groep 511ff: alleen op main c.q. intermediate hours*: de maximale windstoot in m/s in het waarneemtijdvak (d.i. periode van 6 uur igv main hours c.q. 3 uur igv intermediate hours) voorafgaand aan het waarneemtijdstip {d.i. exact 5 minuten voor ieder geheel uur (UTC)} als deze ≥ 13 m/s is.
 - code $f_m f_m$:
groep 512ff: alleen op main c.q. intermediate hours*: de maximale 10-minuten gemiddelde windsnelheid in m/s in het waarneemtijdvak (d.i. periode van 6 uur igv main hours c.q. 3 uur igv intermediate hours) voorafgaand aan het waarneemtijdstip {d.i. exact 5 minuten voor ieder geheel uur (UTC)} als deze ≥ 13 m/s is.
- * - main hours: 00, 06, 12, 18 UTC
- intermediate hours: 03, 09, 15, 21 UTC

KLIM:

- code $f_n f_h$ of f_h (KIS: FH):
Deze betreft het gemiddelde van de windsnelheid in het afgelopen uur; principieel is dit het uurvak tussen twee opeenvolgende gehele uurtijdstippen; uit praktische overwegingen wordt genomen het tijdvak vanaf exact 5 minuten voor het gehele uur tot precies een uur later.
- code $f_x f_x$ of f_x (KIS: FX):
Deze betreft de maximale windstoot in het afgelopen uur; dit is de maximaal geregistreerde 3" gemiddelde windsnelheid in het uurvak; definiëring uurvak als bij uurgemiddelde wind (zie boven).

METAR:

- code: $dddffGf_m f_m$:
 ddd : ware richting in graden, afgerond naar het dichtstbijzijnde 10-tal graden, van waaruit de wind waait;
 ff : windsnelheid in knopen
 G : letterindicator voor maximale windstoten;
 $f_m f_m$: maximale windsnelheid in knopen
- code: $d_n d_n d_n V d_x d_x d_x$
 $d_n d_n d_n$: extreme windrichting, *tegen de klok in*, van een variabele wind, gemeld ten opzichte van het ware noorden en afgerond naar het dichtst bijzijnde 10-tal graden;
 V : letterindicator om verschillende elementen van extreme waarden, zonder tussenruimte, van elkaar te scheiden;
 $d_x d_x d_x$: extreme windrichting, *met de klok mee*, van een variabele wind, gemeld ten opzichte van het ware noorden en afgerond naar het dichtstbijzijnde 10-tal graden.

De gemiddelde ware richting in graden, afgerond naar de dichtstbijzijnde 10-tal graden, van waaruit de wind waait, en de gemiddelde windsnelheid over de 10-minuten periode, direct voorafgaande aan het tijdstip van waarnemen, worden gemeld met $dddff$. Waarden van de windrichting onder de 100° worden voorafgegaan door het cijfer 0 en een wind vanuit het ware noorden wordt gemeld met 360° . Waarden van de windsnelheid van minder dan 10 eenheden worden voorafgegaan door het cijfer 0. Echter, indien in de 10-minuten periode zich een kenmerkende onderbreking in de windkarakteristiek heeft voorgedaan, worden alleen de gegevens van na de onderbreking gebruikt om de gemiddelde windsnelheid en de waarden van de maximale windstoten vast te stellen; de gemiddelde windrichting en veranderingen van de windrichting worden onder deze omstandigheden overeenkomstig dat verkorte tijdinterval bepaald.

Een kenmerkende onderbreking doet zich voor:

- Als er een abrupte en aanhoudende verandering in de windrichting van 30° of meer is, met een windsnelheid van 10 kts of meer voor of na de verandering, of
- Als er een verandering in de windsnelheid van 10 kts of meer is, welke tenminste 2 minuten aanhoudt.

In het geval van een variabele windrichting, wordt ddd gecodeerd met VRB als de gemiddelde windsnelheid 3 kts of minder is. Een variabele wind met



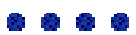
hogere snelheden, met een variatie van de windrichting van 180° of meer, wordt alleen gemeld als het onmogelijk is één windrichting vast te stellen, bijvoorbeeld als een onweersbui over het vliegveld trekt.

Als, gedurende de 10-minutenperiode voorafgaande aan het waarnemings-tijdstip de totale variatie van de windrichting 60° of meer is en de gemiddelde windsnelheid is meer dan 3 kts, moeten de twee extreme richtingen waartussen de wind heeft gevarieerd gemeld worden, met de klok mee, met $d_n d_n d_x d_x d_x$. In andere gevallen wordt deze groep niet opgenomen.

Windstilte wordt gecodeerd met 00000.

Als, gedurende de 10-minutenperiode voorafgaande aan het waarnemingstijd-stip, de maximumwindstoot de gemiddelde windsnelheid met 10 knopen of meer overschrijdt, moet deze maximale snelheid gemeld worden met $Gf_m f_m$ onmiddellijk na $dddff$. In andere gevallen mag het element $Gf_m f_m$ niet opgeno-men worden.

Voor windsnelheden van 100 of meer eenheden, wordt de exacte waarde van de eenheden van de windsnelheid gemeld, in plaats van de twee-cijfer code ff of $f_m f_m$.



2. Operationele eisen

2.1 bereik

Door de WMO is als operationeel gebied voor de waarnemingen windsnelheid en richting gegeven (ref.1 en 3.):

- gemiddelde windsnelheid: 0 - 70 m/s; windstoten: 5-75 m/s;
- windrichting: > 0 en ≤ 360 booggraden.

Het KNMI hanteert met betrekking tot de meting windsnelheid (feitelijk een 3^e gemiddelde, waaruit de gemiddelde waarden en de extremen worden herleid) de range 0 - 50 m/s. De afwijking mbt de WMO-standaard wordt ingegeven door de instrumentele beperking en het feit dat windsnelheden (incl. windstoten) > 50 m/s klimatologisch in Nederland en omgeving vrijwel uitgesloten zijn.

Met betrekking tot de meting windrichting is de KNMI-norm conform WMO.

2.2 waarneemresolutie in verband met berichtgeving

De vereiste resolutie in de waarneming van de wind is gebaseerd op de vereiste resolutie in de rapportage van de synoptische meteorologie en in de (lokale) berichtgeving op luchthavens en helihavens (ref. 1 en 4). Deze resolutie is in lijn met de gestelde waarneemonzekerheid (ref.1).

SYNOP

- windrichting: 10 booggraden (cf. WMO)
- gemiddelde windsnelheid: 1 m/s (WMO: 0,5 m/s)
- windstoot: 1 m/s (WMO: 0,5 m/s)

Opmerking: KNMI wijkt mbt windsnelheid af van de WMO. Dit hangt samen met de beperkte ruimte in de code (2 posities).

KLIM

- gemiddelde windsnelheid: 1 m/s (WMO: 0,5 m/s)
- windstoot: 1 m/s (WMO: 0,5 m/s)

Opmerking: KNMI wijkt mbt windsnelheid af van de WMO. Dit hangt samen met de beperkte ruimte in de code (2 posities).

METAR

- windrichting: 10 booggraden (cf. WMO/ICAO)
- gemiddelde windsnelheid: 1 kts (cf. WMO/ICAO)
- windstoot: 1 kts (cf. WMO/ICAO)

2.3 vereiste nauwkeurigheid in verband met berichtgeving

Conform de regelgeving van de WMO en de ICAO (ref. 1 en 4) geschiedt de berichtgeving SYNOP c.q. KLIM c.q. METAR met de volgende nauwkeurigheid:

- windrichting: ± 5 booggraden
(alleen van toepassing bij windsnelheid ≥ 2 m/s);
- gemiddelde windsnelheid: $\pm 0,5$ m/s voor ≤ 5 m/s, $\pm 10\%$ voor > 5 m/s;
- windstoot: $\pm 10\%$.

2.4 vereiste waarneemfrequentie

3^e waarde gemiddelde windsnelheid

Iedere ¼ seconde registreert de SIAM de waarde gemiddelde windsnelheid over de afgelopen 3 seconden. Een 3^e gemiddelde is de basis voor alle herleidingen mbt windsnelheid.

12" waarden windsnelheid

Iedere 12 seconde wordt in de SIAM 48 keer het lopende gemiddelde over 3" bepaald (dat wil zeggen per $\frac{1}{4}$ "). Uit dit sample van 48 waarden worden het maximum en het minimum vastgesteld (respectievelijk het grootste en het kleinste 3" gemiddelde). Deze extreemwaarden worden opgeslagen in de 12" database van de SIAM.

1' gemiddelde windsnelheid

Ten behoeve van de berichtgeving in het kader van de operationele luchtvaartmeteorologie, berekent de SIAM de 1' gemiddelde windsnelheid. Dit is het rekenkundig gemiddelde van de 240 elkaar overlappende 3" samples in het 1' vak, inbegrepen het 3" gemiddelde zoals vastgesteld op het laatste tijdstip van het 1 minuten vak. De SIAM doet deze berekening iedere 12 seconden en slaat de verkregen waarden op in de 12" database.

10' waarden windsnelheid

Ten behoeve van diverse inwinsystemen berekent de SIAM de 10' waarden windsnelheid gemiddelde, maximum, minimum, standaarddeviatie.

- ad gemiddelde: Dit is het rekenkundig gemiddelde van de 2400 elkaar overlappende 3" gemiddeldes in het 10' vak, inbegrepen het 3" gemiddelde zoals vastgesteld op het laatste tijdstip van het betreffende 10 minuten vak. NB als zich in genoemd tijdvak van 10 minuten een plotselinge en blijvende verandering voordoet, dan wordt het gemiddelde bepaald over het tijdvak tussen het tijdstip van verandering en het waarneemtijdstip.
- ad maximum: Dit is het maximum van 50 achtereenvolgende 12" maxima inbegrepen het 12" maximum zoals vastgesteld op het laatste tijdstip van het betreffende 10 minuten vak.
- ad minimum: Dit is het minimum van 50 achtereenvolgende 12" minima inbegrepen het 12" minimum zoals vastgesteld op het laatste tijdstip van het betreffende 10 minuten vak.
- ad standaarddeviatie: deze wordt berekend op basis van de 2400 elkaar overlappende 3" gemiddeldes in het 10' vak, inbegrepen het 3" gemiddelde zoals vastgesteld op het laatste tijdstip van het betreffende 10 minuten vak.

De SIAM doet bovenbeschreven 10'-berekeningen iedere 12 seconden en slaat de verkregen waarden op in de 12" database.

In genoemde systemen wordt na extractie uit de SIAM-database voor ieder 10 minuten tijdstip (dus per uur uu: de tijdstippen uu.00', uu.10', uu.20', uu.30', uu.40', uu.50') het gemiddelde, maximum, minimum en de standaarddeviatie over de 10 minuten periode gepresenteerd, die loopt van 5 minuten voor dat tijdstip tot en met precies 5 minuten na het tijdstip.

Uurwaarden windsnelheid SYNOP/KLIM

De uurwaarden worden vastgesteld conform de in 1.5 beschreven codedefiniering en zijn gebaseerd op de onderliggende 10' waarden (gemiddelde c.q. maximum) van de 10' tijdstippen die behoren tot het betreffende uurvak. Dus in het geval van uur {uu+1} gaat het om de 10' waarden van de tijdstippen uu.00', uu.10', uu.20', uu.30', uu.40', uu.50'

Voorbeeld: de waarde ff van 14.00 UTC betreft de 10' gemiddelde waarde op het tijdstip 13u 50'00" en is het rekenkundig gemiddelde van de 2400 elkaar overlappende 3" gemiddeldes in het tijdvak 13u 45'00" tot 13u 55'00" (d.w.z. 3" waarden op de achtereenvolgende

volgende tijdstippen: 13u45'03'', 13u45'03¹/₄'', 13u45'03¹/₂'', enz. t.m. 13u55'00'').

Opmerking:

In KIS wordt alleen FF, FH en FX opgeslagen.

12" waarden gemiddelde windrichting

Per 12 seconden wordt in de SIAM de windrichting bepaald.

Deze waarden worden opgeslagen in de 12" database van de SIAM.

1' gemiddelde windrichting

Ten behoeve van de berichtgeving in het kader van de operationele luchtvaart-meteorologie, berekent de SIAM de 1' gemiddelde windrichting. Dit is het vectorieel gemiddelde van de 5 12" gemiddeldes in het afgelopen 1' vak, inbegrepen het 12" gemiddelde zoals vastgesteld op het laatste tijdstip van het 1 minuut tijdvak (NB het vectorieel gemiddelde is gebaseerd op de eenheidsvector, zie boven). De SIAM doet deze berekening iedere 12 seconden en slaat de verkregen waarden op in de 12" database.

10' waarden windrichting

Ten behoeve van diverse systemen berekent de SIAM de 10' waarden gemiddelde windrichting, maximum geruimde momentane wind, minimum geruimde momentane wind, standaarddeviatie.

- ad gemiddelde windrichting: Dit is het vectorieel gemiddelde van de 50 12" gemiddeldes in het 10' vak, inbegrepen het 12" gemiddelde zoals vastgesteld op het laatste tijdstip van het betreffende 10 minuten vak (NB het vectorieel gemiddelde is gebaseerd op de eenheidsvector, zie boven). NB als zich in genoemd tijdvak van 10 minuten een plotselinge en blijvende verandering voordoet, dan wordt het vectorieel gemiddelde bepaald over het tijdvak tussen het tijdstip van verandering en het waarneemtijdstip.
- ad maximum geruimde momentane wind: Dit is het maximum van 50 achtereenvolgende 12" waarden gemiddelde windrichting inbegrepen de 12" waarde zoals vastgesteld op het laatste tijdstip van het betreffende 10 minuten vak. Met "maximum" wordt bedoeld de grootste ruiming " $\leq 180^\circ$ " tov het vastgestelde vectorieel gemiddelde in het betreffende 10'vak (ruiming is "met de wijzers van de klok mee").
- ad minimum gekrompen momentane wind: Dit is het minimum van 50 achtereenvolgende 12" waarden gemiddelde windrichting inbegrepen de 12" waarde zoals vastgesteld op het laatste tijdstip van het betreffende 10 minuten vak. Met "minimum" wordt bedoeld de grootste krimp " $\leq 180^\circ$ " tov het vastgestelde vectorieel gemiddelde in het betreffende 10'vak (krimp is "tegen de wijzers van de klok in").
- ad standaarddeviatie: deze wordt vectorieel berekend op basis van 50 achtereenvolgende 12" waarden gemiddelde windrichting inbegrepen de 12" waarden zoals vastgesteld op het laatste tijdstip van het betreffende 10 minuten vak (NB vectorieel op basis van de eenheidsvector, zie boven).

De SIAM doet bovenbeschreven 10'-berekeningen iedere 12 seconden en slaat de verkregen waarden op in de 12" database.

In genoemde systemen wordt na extractie uit de SIAM-database voor ieder 10 minuten tijdstip (dus per uur uu: de tijdstippen uu.00', uu.10', uu.20', uu.30', uu.40', uu.50') het gemiddelde, maximum, minimum en de standaarddeviatie over de 10 minuten periode gepresenteerd, die loopt van 5 minuten voor dat tijdstip tot en met precies 5 minuten na het tijdstip.

Uurwaarde windrichting SYNOP

De uurwaarden worden vastgesteld conform de in 1.5 beschreven codedefiniering en zijn gebaseerd op het betreffende 10' tijdvak.

Voorbeeld: de waarde dd van 14.00 UTC betreft de 10' gemiddelde waarde op het tijdstip 13u 50'00" en is het vectorieel gemiddelde van de 50 niet overlappende 12" gemiddeldes in het tijdvak 13u 45'00" tot 13u 55'00" (NB het vectorieel gemiddelde is gebaseerd op de eenheidsvector, zie boven).

Opmerking:

In KIS wordt alleen DD opgeslagen.

halfuurwaarden windsnelheid (gemiddelde, maximum) en windrichting METAR

Het tijdstip voor het METAR-bericht is precies 5 minuten vóór het gehele uur c.q. precies 5 minuten vóór het halve uur. De waarden windsnelheid (gemiddelde, maximum) en windrichting in de METAR worden op dit tijdstip vastgesteld en zijn gebaseerd het gemiddelde c.q. maximum van het voorafgaande 10 minuten vak.

Voorbeeld: ff op 10.25 UTC is de 10 minuten gemiddelde windsnelheid berekend over de periode 10u15'00" - 10u25'00".

2.5 vereiste dataaanwezigheid per specifieke periode

Een gemiddelde windsnelheid c.q. (vectorieel) gemiddelde windrichting over een bepaald tijdvak (12", 1', 10', uur) wordt gebaseerd op de beschikbare 3" c.q. 12" waarden in het betreffende tijdvak (NB met "beschikbaar" wordt bedoeld: aanwezig en geen fatale fout). Voor het bepalen van een gemiddelde is een 100% beschikbaarheid in het onderhavige tijdvak niet op voorhand vereist. Wel dient het afwezigheidspercentage te worden vermeld. Dit gebeurt in het SIAM-bericht.

- Een 1-uurlijkse waarde windsnelheid (gemiddelde c.q. maximum) wordt niet vastgesteld en gecodeerd indien 1 of meer van de onderhavige 10-minutenwaarden ontbreken.
- Een 3-uurlijkse waarde windsnelheid (gemiddelde c.q. maximum) wordt niet vastgesteld en gecodeerd indien 3 of meer van de onderhavige 10-minutenwaarden ontbreken.
- Een 6-uurlijkse waarde windsnelheid (gemiddelde c.q. maximum) wordt niet vastgesteld en gecodeerd indien 6 of meer van de onderhavige 10-minutenwaarden ontbreken.

Een en ander is vastgelegd in de gebruikersspecificaties.

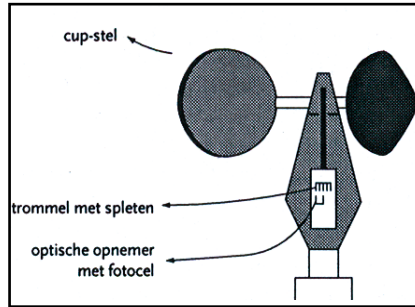
3. Instrumenten en techniek

3.1 techniek en specificaties

Standaardinstrumenten

Sedert omstreeks 1960 gebruikt het KNMI op vrijwel alle weerstations windsnelheidsmeters van het type cupanemometer.

Dit instrument ziet eruit als een drietal halve bollen op een verticale as. De wind blaast in de holte van deze bollen en doet zo de as rondtollen.

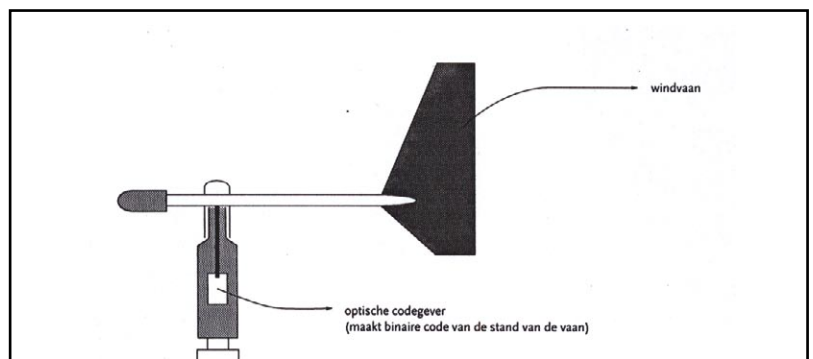


In het mechaniek is een sensor ingebouwd die bij iedere omwenteling reageert op een signaal vanuit de ronddraaiende as. De registratie van de omloopsnelheid, die vrijwel evenredig is met de heersende windsnelheid, geschiedt met behulp van pulsentelling. Het aantal pulsen per tijdseenheid (bijvoorbeeld seconde) wordt geteld en hieruit wordt de draaisnelheid afgeleid.

De registratie van de windrichting gebeurt met behulp van een windvaan. In feite is dit een tamelijk onbuigzaam metaalplaatje op een rond-draaiende as. De windkracht beweegt de vaan in een richting die dezelfde is als de richting van de wind.

De stand van de as kan inwendig geregistreerd worden. Indien het noorden op 0 (graden) is gecalibreerd kan uit de asstand de windrichtingshoek worden afgeleid.

Detailinformatie in Meteorologische Instrumenten, J.G. van der Vliet (Ref. 5, par. 5).



De technische specificaties van de cupanemometer resp. windvaan zijn als volgt:

Anemometer met SIAM:

Meetbereik:	0,5 - 50 m/s
Resolutie:	0,1 m/s
Nauwkeurigheid:	±0,5 m/s
Meetfrequentie:	1 Hz

Dynamische respons van de cup: respons lengte $\lambda = 2,9$ m. (ref.15)

Windvaan met SIAM: :

Meetbereik: 360 booggraden (bij windsnelheid $\geq 2\text{m/s}$)*
Resolutie: 1 booggraden
Nauwkeurigheid: ± 3 booggraden (bij windsnelheid $\geq 2\text{m/s}$)*
Meetfrequentie: 1 Hz

* *genoemde ondergrens mbt de windsnelheid is de aanloopsnelheid die minimaal nodig is om de windvaan in beweging te krijgen*

Back-up instrument windsnelheid

Op bemande stations waar slechts één enkel operationeel standaard meetinstrument tbv de windsnelheid aanwezig is, is voor het geval dit instrument buiten gebruik is ook een back-up instrument aanwezig (handanemometer). Het gebruik is uitsluitend voor lokale doeleinden.

3.2 onderhoud- en calibratieprocedures

De meetinstrumenten dienen te voldoen aan de nauwkeurigheidseisen. Hiertoe is periodiek onderhoud nodig, waarbij de instrumenten door middel van calibratie op door ervaring bepaalde intervallen worden getoetst en gejusteerd aan de gestelde eisen. Een calibratiecertificaat wordt vastgesteld, waarbij de referentie meetwaarden volledig herleidbaar zijn naar de internationaal erkende standaard. De KNMI afdeling Insa is verantwoordelijk voor de calibratieprocedures die zijn vastgelegd in het (ISO-9001) kwaliteitssysteem van Insa, als onderdeel van de procedure 2.2.3 "Beheersprocedure preventief onderhoud" (ref.7).

4. Procedures

4.1 procedures bij uitval automatische waarnemingen

Aanvulling bij uitval van de automatisch gegenereerde waarden in SYNOP, KLIM en METAR vindt niet plaats. Op bemande stations waar back-up apparatuur aanwezig is, kunnen eventueel de waarnemingen van deze apparaten als alternatief gebruikt worden (uitsluitend voor lokaal gebruik). Alleen bij uitzonderingssituaties kan hiervan worden afgeweken.

4.2 procedures voor achteraf validatie

Het Klimatologische Informatiesysteem (KIS) van het KNMI bevat gearchiveerde waarden van de windsnelheid en de windrichting van de land-en zeestations. De invoer van de gegevens in dit systeem geschiedt op dagbasis en betreft de uurlijkse waarden FX, FH, FF en DD van het afgelopen etmaal ($h = 01$ t/m 24^* UTC). Alle nieuw in KIS ingevoerde waarden worden dagelijks onderworpen aan automatische controleprocedures.

* KIS kent het uur (vak) 24 UTC; feitelijk wordt bedoeld 00 UTC in het nieuwe etmaal

Het gaat om de volgende procedures per station:

FX

- FX moet \geq FH anders verdacht;
- FX moet \geq FF anders verdacht;
- $\text{abs}[FX_h - (-1/6 (FX_{h-2} + FX_{h+2}) + 2/3 (FX_{h-1} + FX_{h+1}))]$ moet ≤ 4 (m/s) anders FX verdacht;
- FX moet ≤ 40 (m/s) anders verdacht;

FH

- FH moet \leq FX anders verdacht;
- $\text{abs}[FH_h - (-1/6 (FH_{h-2} + FH_{h+2}) + 2/3 (FH_{h-1} + FH_{h+1}))]$ moet ≤ 2 (m/s) anders FH verdacht;
- FH moet ≤ 30 (m/s) anders verdacht;

DD

- Als $FF <> 0$ dan moet $DD = 1$ of $2..36$ (eenheid: 10 booggraden) of 99 anders verdacht;
- Als $FF = 0$ dan moet $DD = 0$ anders verdacht;
- Als $FH_h \geq 5$ (m/s) en $FH_{h-1} \geq 5$ (m/s) dan moet het verschil tussen DD_h en $DD_{h-1} \leq 50$ graden anders verdacht;
- DD moet = 0 of 1..36 (eenheid: 10 booggraden) of 99 anders verdacht;

FF

- Als $DD = 0$ dan moet $FF = 0$ anders verdacht;
- Als $DD <> 0$ dan moet $FF <> 0$ anders verdacht;
- FF moet \leq FX anders verdacht;
- Als $DD = 99$ dan moet $FF < 2$ (m/s) anders verdacht;
- $\text{abs}[FF_h - (-1/6 (FF_{h-2} + FF_{h+2}) + 2/3 (FF_{h-1} + FF_{h+1}))]$ moet ≤ 2 (m/s) anders verdacht;
- FF moet ≤ 40 (m/s) anders verdacht;

De afdeling WM/OW wordt geïnformeerd ingeval verdachte waarnemingen worden geconstateerd. Op grond hiervan kunnen maatregelen worden getroffen in de vorm van onderhoud (door INSA/MSB).

De afdeling Klimatologische Dienstverlening (WM/KD) van het KNMI is verantwoordelijk voor de uiteindelijke validiteit van de waarden windsnelheid en windrichting in KIS.

WM/KD beoordeelt daartoe in principe iedere waarde, daarbij geholpen door de output van de bovenbeschreven testprocedures. Een ontbrekende waarde of een waarde, die overduidelijk onjuist is, wordt zo mogelijk vervangen op grond van door WM/KD vastgelegde procedures.

De alternatieve waarde kan worden gebaseerd op onder meer:

- lineaire interpolatie van aangrenzende (correcte) waarden in de tijdreeks;
- ruimtelijke interpolatie op grond van synchrone waarden van 2 of meer nabije stations;
- inschatting van de uurwaarde op grond van de tijdreeksen 10-minuten gegevens die uit het AWS c.q. RIS kunnen worden opgevraagd.

Vervanging geschiedt handmatig.

4.3 procedures voor inspectie

Iedere windmeetlocatie die een operationele functie heeft in het KNMI-waarnemnet wordt gemiddeld 1 maal per jaar geïnspecteerd door een functionaris van WM/OW/stationsbeheer. Tevens kan op verzoek van WA of WM/KD een extra tussentijdse inspectie plaatsvinden, indien de (validatie van) de data daartoe aanleiding geeft.


Bij voorkeur vindt inspectie plaats:

- a) in het geval van de plaatsing van een (in principe 10 meter) meetmast plus cupanemometer en windvaan op een nieuw meetstation c.q. verplaatsing van de meetmast op een bestaand meetstation;
- b) (ad hoc) bij vervanging van de cupanemometer c.q. windvaan.

In deze situaties is de procedureafpraak dat WM/OW vooraf door Insa/MSB geïnformeerd wordt door middel van een tijdsplan van de ophanden zijnde plaatsing c.q. vervanging. Binnen 1 week na plaatsing c.q. vervanging ontvangt WM/OW hieromtrent bericht, inclusief toezending ijkbewijs.

De inspectie kan de volgende controles omvatten:

- a) Vergelijking van een door de sensor gemeten momentane (12") waarde windsnelheid met de momentane waarde windsnelheid, zoals afgelezen op een referentie (cf. KNMI-ijkprocedures gekalibreerde) handanemometer (inspectie uitsluitend na een verzoek van WA of WM/KD). In het geval van een absolute afwijking ≥ 1 m/s rapporteert de inspecteur hieromtrent (ook schriftelijk) aan WM/KD, WA en Insa/MSB. Laatstgenoemde instantie beoordeelt na ontvangst van deze rapportage welke correctieve acties (eventueel) noodzakelijk zijn. De hieropvolgende procedure (bijv. vervanging en herijking van de operationele anemometer en/of herijking van de controle anemometer) geschiedt cf. ISO-9001.
- b) Controle of de ijktermijn van het meetinstrument nog niet is verlopen. Is dit het geval dan wordt INSA/MSB hierover geïnformeerd, opdat uitwisseling zal plaatsvinden.
- c) Gemiddeld éénmaal per 2 jaar wordt de stand van de windvaan getest. Hierbij wordt de windvaan vastgezet en de geregistreerde waarde windrichting vergeleken met de waarde, zoals afgelezen op een referentie theodoliet. Deze controle wordt vanuit 3 verschillende posities gedaan (sectoren ongeveer 120 booggraden). De 3 verschilwaarden worden gemiddeld. { bij frangible masten wordt de controle, vanwege de veel tijdrovender procedure om de windvaan te fixeren, bij slechts één positie



gedaan }. In het geval van een gemiddelde afwijking ≥ 5 booggraden rapporteert de inspecteur hieromtrent (ook schriftelijk) aan WM/KD, WA en Insa/MSB. Laatstgenoemde instantie beoordeelt na ontvangst van deze rapportage welke correctieve acties (eventueel) noodzakelijk zijn.

- d) Een visuele beoordeling of de meetomstandigheden en de omgeving aan de gestelde condities voldoen. Indien dit niet het geval is, rapporteert de inspecteur hieromtrent (ook schriftelijk) aan WM/KD, WA en Insa/MSB. Afhankelijk van de situatie beoordeelt ow c.q. Insa/MSB welke correctieve acties ondernomen dienen te worden om een en ander te herstellen conform de operationele eisen. De acties kunnen variëren van een verzoek aan de beheerder van het betreffende waarneemterrein tot aanpassing van de terreinsituatie tot de start van een procedure om een nieuw waarneemterrein te zoeken.

Van alle inspectiebezoeken wordt een rapport opgesteld door de stationsinspecteur. Dit rapport wordt KNMI breed verspreid, volgens een lijst van betrokken medewerkers, opgesteld door HOW.



5. Herleiding van parameters

5.1 herleiding gemeten windsnelheid naar potentiële windsnelheid

De potentiële windsnelheid is de gemiddelde windsnelheid (middelingsperiode ≥ 1 minuut) die ter plekke van de windmast zou optreden, indien de directe omgeving in overeenstemming met de wmo-norm vlak was. In de praktijk is een in alle windrichtingen volkomen vlakke omgeving zelden haalbaar. Ten einde uit de gemeten gemiddelde windsnelheid een potentiële wind te kunnen herleiden, wordt de gemiddelde windsnelheid per windrichtingsector (à 20 booggraden) vermenigvuldigd met een factor, de zogeheten beschuttingsfactor.

Voor alle in kis gearchiveerde data gemiddelde windsnelheid is de beschuttingsfactor (BF) berekend. Eea komt per station neer op 1 BF per windrichtingsector à 20 booggraden**. Voor stations in een lommerrijke omgeving (dat wil zeggen er is sprake van een grotere ruwheid als de bladeren nog aan de bomen zitten!) worden 2 BF's per windrichtingsector à 20 booggraden berekend, te weten 1 BF voor de zomerperiode (1/5 - 1/10) en 1 BF voor de winterperiode (1/10 - 1/5).

** *Opmerking:*

Beschouwd worden de 18 sectoren 20, 40, 60, ..., 360. Een sector is de verzameling van 2 windrichtingen (eenheid 10 booggraden).

Voorbeeld: sector = 60 betekent dus in feite de verzameling windrichtingen dd = 50 (± 5) en dd = 60 (± 5), en het gebied ligt tussen 45 en 65 booggraden.

Met het oog op mogelijke veranderingen in de omgevingsruwheid wordt per station regelmatig (éénmaal per 3 jaar) en bij verplaatsingen een herberekening van de beschuttingsfactoren gedaan.

Voor de berekening van de beschuttingsfactor zijn verschillende methodes in omloop. Deze zijn gebaseerd op het verband tussen de vlagerigheid van de wind en de ruwheid van het terrein z_0 . De vlagerigheid wordt weergegeven door de mediane waarde van een set vlagfactoren: $\langle G \rangle$.

In een willekeurig tijdvak τ , bijv. 10 minuten of 1 uur, geldt:

$$G = \{ \text{maximum windsnelheid in } \tau \} / \{ \text{gemiddelde windsnelheid over } \tau \}.$$

Het verband tussen $\langle G \rangle$ en z_0 is door Wieringa als volgt geformuleerd

$$\langle G \rangle = f_T * \left(1 + \frac{1,42 + 0,3 * \ln \left(\frac{10^3}{u_x * t} - 4 \right)}{\ln \frac{z}{z_0}} \right) \quad (\text{ref.8, p.56 e.v.}):$$

- $f_T = 1,0$ in geval van 10 minuten data, en 1.1 in geval van uurdata;
- $u_x * t =$ vlaggolflengte ≈ 50 m. uitgaande van een windstoot u_x van 15 à 20 m/s en een duur t van ca. 3 s.;
- z : (meet)hoogte (m)

Opmerkingen:

- omdat G een functie is van de gemiddelde windsnelheid u , moet $\langle G \rangle$ bepaald worden over een beperkt interval van u : $8 \text{ m/s} < u < 12 \text{ m/s}$.
- Bij windsnelheden boven 15 m/s kunnen "overspeeding" effecten een rol gaan spelen. Dit effect is een gevolg van de traagheid van de anemometer, die een (scherpe) terugval van de windsnelheid minder direct kan volgen

dan een plotselinge toename van de windsnelheid.

In het geval van 10' data (met $f_T = 1,0$) en $u_x * t \approx 50$ wordt de formule:

$$\langle G \rangle = 1 + \{ 2,25 / \ln (z / z_0) \}.$$

$$\text{Dit geeft: } z_0 (\langle G \rangle) = z \cdot \exp\{2,25 / (1 - \langle G \rangle)\}$$

Een aangepast vlaagmodel Beljaars/Wieringa wordt beschreven door Verkaik (ref.21):

$$\langle G \rangle = 1 + \frac{0,88}{\ln \frac{z}{z_0}} * \tilde{u}_p$$

- $u_p = 2,41$ in geval van 10 minuten data, en 2,99 in geval van uurdata;
- z : (meet)hoogte (m).

Deze formule is geïmplementeerd in kis.

Opmerking:

In de formule wordt verondersteld een gemiddelde windsnelheid van ongeveer 6 m/s. In het geval van 10' data wordt de formule:

$$\langle G \rangle = 1 + \{ 2,12 / \ln (z / z_0) \} \cdot 1 + (1,791,3082,3 \cdot \ln z_0 \text{ BF} =$$

$$\text{Dit geeft: } z_0 (\langle G \rangle) = z * \exp\{2,12 / (1 - \langle G \rangle)\}$$

Bij de hiernavolgende berekening van BF wordt verondersteld dat het vertikaal windprofiel logaritmisch is, waarbij voor de herleiding van de gemiddelde windsnelheid op hoogte z_1 naar hoogte z_2 geldt:

$$ff_{z_1} / ff_{z_2} = \{ \ln (z_1/z_0) / \ln (z_2/z_0) \}$$

Genoemde veronderstelling is juist tot 60 à 100m hoogte en in het geval van neutrale atmosferische condities (van toepassing bij $ff > 5$ m/s).

(Wieringa, Rijkoort, ref. 8, par.3.5)

Bij de omzetting van de gemiddelde windsnelheid op de meetlocatie naar een "fictieve" gemiddelde windsnelheid bij $z_0 = 0,03$ m wordt gebruik gemaakt van bovengenoemde hypothese, alsmede de aanname dat in een groot omliggend gebied (straal = 4 km) de windsnelheid op 60 m hoogte (mesohoogte) overal ongeveer gelijk is. Feitelijk wordt dan eerst naar 60m hoogte herleid en vervolgens terug naar de fictieve situatie. We krijgen aldus:

$$\text{BF} = ff_{\text{pot}} / ff_{\text{met}} = \{ \ln (10/z_{op}) / \ln (60/z_{op}) \} / \{ \ln (z/z_{os}) / \ln (60/z_{os}) \}$$

z_{op} = ruwheid in het geval van vlak terrein;

z_{os} = feitelijke ruwheid ter plekke van windmast; wordt berekend per windrichtingsector van 20 booggraden;

z = sensorhoogte.

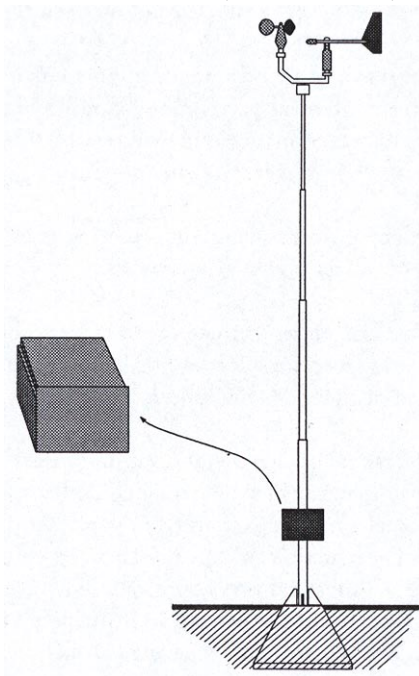
Invulling van $z_{op} = 0,03$ m en $z = 10$ m levert op:

$$\text{BF} = \frac{1 + \left(\frac{1,79}{2,3 \cdot \ln z_{os}} \right)}{1,308}$$

6. Opstellingseisen en omgevingscondities

6.1 Opstellingseisen en -voorzieningen

De sensoren voor de meting van windrichting en windsnelheid worden gemonteerd op een stabiele metalen of kunststof mast. De hoogte van de sensoren is 10 m. boven (in principe: vlak) terrein



6.2 Condities m.b.t. omgeving en meetlocatie/representativiteit waarnemingen

a) omgeving en meetlocatie

De ruwheid z_0 zal in alle richtingen $< 0.5\text{m}$. (moeten) zijn. Deze conditie impliceert een beschuttingsfactor $BF < 1.2$ (minder dan 20% reductie gemiddelde windsnelheid).

De afstand van de windmast tot nabije obstakels is ten minste 10 x, doch bij voorkeur ten minste 20 maal de obstakelhoogte (geldt voor alle obstakels).

Het terrein in de directe omgeving van de windmast (straal ≥ 100 meter rond meetlocatie) is vlak grasland, of wateroppervlak.

b) representativiteit waarnemingen

De locatie van de windmast is zodanig dat een windwaarneming kan plaatsvinden (inclusief eventuele herleiding met een beschuttingsfactor) die representatief is voor een gebied met een straal van 30 km rond de meetlocatie. (NB bij windmetingen aan de kust is de mate van representativiteit vanzelfsprekend mede afhankelijk van de windrichting). Deze conditie is gebaseerd op statistisch onderzoek van J.Wieringa:

“With a separation of 30 km between 2 observation points in a homogeneous landscape, for 90% of the time the difference in windspeed is less than 5%. “

De dichtheid van het windmeetnet volgt mede uit de mate van representativiteit.

c) specifieke condities mbt omgeving en meetlocatie op vliegveld


Op een luchthaven zal de windwaarneming tevens representatief (moeten) zijn voor de windsituatie op de (nabijelegen) start c.q. landings-

baan, in het bijzonder voor de nabije touch down zone. Ten einde e.e.a. zo goed mogelijk te realiseren, zijn de volgende maatregelen getroffen:

- Een 10 meter metalen windmast is op 190 meter afstand van het hart van de baan geplaatst. Dichtbij de baan is onmogelijk omdat een metalen mast niet door het zogeheten obstakelvlak mag prikken. {het obstakelvlak is een vlak vanaf 120 meter van het hart van de baan met een hellingshoek van 1 : 7}
- In het geval van een zogeheten frangible kunststofmast met sensorhoogte 10 meter, kan de mast op 115 meter van het hart van de baan staan. Dichtbij is niet mogelijk gelet op de vleugelwijdte van NLA-toestellen en storing van het windgedrag door passerende vliegtuigen.
- De meethoogte windsnelheid en -richting is bij voorkeur 10 meter doch minimaal 6 meter boven vlak terrein.
- De windmast is op ten minste 120 meter van het hart van een taxi- of rijbaan geplaatst in verband met de ad hoc beïnvloeding van het windgedrag door stilstaande of rijdende vliegtuigen.
- De windmast zal op een afstand van ten minste 50 meter doch bij voorkeur ten minste 100 meter achter de nabije Glide Path (GP) antennemast van het Instrumental Landing System (ILS) geplaatst (moeten) zijn [NB de ILS-mast is een open constructie van ca. 1 meter breed en ca 9 meter hoog]. Bij plaatsing achter de ILS-mast zal verstoring van de windmeting alleen optreden bij windrichtingen waarbij baan gebruik in principe niet opportuun is. Voorts zijn turbulenties in de luchtstroom als gevolg van het passeren van een smal, poreus obstakel (zoals een ILS-mast) op een afstand van 30 x de obstakelbreedte vrijwel uitgedoofd en is het windprofiel op deze afstand weer vrijwel identiek aan het profiel voor het obstakel. Op 50 meter van een ILS-mast wordt in principe dus al ongestoorde wind gemeten.
- Plaatsing van de windmast voor de ILS-mast is alleen mogelijk indien de afstand ten minste 100 meter is, in verband met de mogelijke verstoring van het ILS-sigitaal door de windmast. Bovendien kunnen onderhouds- of inspectiewerkzaamheden aan de windmast in deze situatie uitsluitend plaats vinden indien de baan (en dus ook de GP-antenne) niet in gebruik is.

Referenties

1. World Meteorological Organization, 1996: WMO-No. 8, Guide to meteorological instruments and methods of observations, 6th edition, 1996 (i.h.b. Hoofdstuk 5); WMO, Genève, 1996.
2. World Meteorological Organization, 1973, International Meteorological Tables, WMO-No.; WMO, Genève, 1973.
3. Statement of operational accuracy requirements of level II data, according to WMO codes SYNOP, SHIP, METAR and SPECI; Annex X van WMO no.807 (CIMO XI).
4. International Civil Aviation Organization 1998: Meteorological Service for International Air Navigation, International Standards and Recommended Practices, Annex 3 to the Convention on International Civil Aviation, 13th edition; ICAO, Montreal, Canada, 1998.
5. KNMI, 1993: Meteorologische Instrumenten, Elementaire Vakopleiding Meteorologie (EVM), module AII, J.G. van der Vliet; KNMI, De Bilt, 1993.
6. KNMI, 1996: Synoptische en klimatologische waarnemingen en codes, Elementaire Vakopleiding Meteorologie (EVM), module A4/B1, E.Chavanu; KNMI, De Bilt, 1996.
7. KNMI, 1994: Calibratieprocedures van het KNMI-IJklaboratorium volgens ISO-9001, A. van Londen, Insa/10; KNMI, De Bilt, 1994.
8. Windklimaat in Nederland, J.Wieringa en P.J.Rijkoort, 1983.
9. KNMI, 1992: Basis ontwerp Vernieuwing Operationeel Klimatologisch Informatiesysteem VOKIS, 1992; KNMI document.
10. KNMI 1997: X-SIAM-specificatie, J.R.Bijma, KNMI-Insa, KNMI-document, Insa Documentnummer ID-30-015; KNMI, De Bilt, 1997.
11. Klimatologische gegevens van Nederlandse stations: normalen en extreme waarden van de 15 hoofdstations voor het tijdvak 1961- 1990; KNMI, 1992, publicatienummer 150-27.
12. ISO-procedures mbt back-up operationele waarnemingen (SYNOP, METAR) (info bij J.van Bruggen, LMD).
13. Nederlands Meetinstituut, 1994; Het Internationale Stelsel van Eenheden (SI); NMI, Delft 1994.
14. KNMI, 1994: Handboek Meteorologische Codes; KNMI, De Bilt, 1994-1999.
15. Beschuttingscorrectie wind, B.Oemraw, KNMI Technisch Rapport TR-52, De Bilt, 1984.
16. XWO-SIAM-Wind 4.0, J.R.Bijma, KNMI-Insa, KNMI-document, Insa Documentnummer ID-30-009, 1998.
17. World Meteorological Organization, 1992: International Meteorological Vocabulary, WMO-No. 182, second edition; WMO, Genève, 1992.

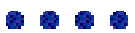
- 
18. Luchtvaartvoorschriften; Staatsuitgeverij 's-Gravenhage.
 19. World Meteorological Organization, 1995; Manual on Codes, wmo-No. 306; wmo, Genève, 1995.
 20. International Vocabulary of Basic and General Terms in in Metrology, uitg. iso 1993.
 21. Evaluation of Two Gustiness Models for Exposure Correction Calculations, J.W.Verkaik, Journal of Applied Meteorology, Volume 39, p.1613 - 1626, 2000.

Inhoud

Hoofdstuk 6. Neerslag

1. Beschrijving 6 - 1
 - 1.1 benaming van de grootheid 6 - 1
 - 1.2 definitie; omschrijving van het begrip 6 - 1
 - 1.3 eenheden 6 - 1
 - 1.4 variabelen 6 - 1
 - 1.5 elementcodes 6 - 2
 2. Operationele eisen 6 - 5
 - 2.1 bereik 6 - 5
 - 2.2 waarneemresolutie in verband met berichtgeving 6 - 5
 - 2.3 vereiste nauwkeurigheid 6 - 5
 - 2.4 vereiste waarneemfrequentie en -tijdstippen 6 - 6
 - 2.5 vereiste data-aanwezigheid per specifieke periode 6 - 7
 3. Instrumenten en techniek 6 - 9
 - 3.1 techniek en specificaties 6 - 9
 - 3.2 onderhoud- en calibratieprocedures 6 - 10
 4. Procedures 6 - 11
 - 4.1 procedures bij uitval automatische waarnemingen 6 - 11
 - 4.2 procedures voor achteraf validatie 6 - 11
 - 4.3 procedures voor inspectie 6 - 12
 5. Afgeleide gegevens 6 - 15
 - 5.1 neerslaghoeveelheid of –som per specifieke periode 6 - 15
 - 5.2 neerslagduur per specifieke periode 6 - 15
 6. Opstellingseisen en omgevingscondities 6- 17
 - 6.1 opstellingseisen en –voorzieningen 6 - 17
 - 6.2 condities m.b.t. omgeving en meetlocatie, c.q. representativiteit van de waarnemingen 6 - 17
- Referenties 6 - 19





6. Neerslag

1. Beschrijving

1.1 benaming van de grootheid

Algemene benaming: neerslag.

Internationale aanduiding: precipitation (WMO no.8, ref. 1)

1.2 definitie; omschrijving van het begrip

Neerslag is gedefinieerd als het vloeibare of vaste product van de condensatie c.q. sublimatie van waterdamp dat uit wolken of groepen van wolken naar beneden valt en de aardbodem bereikt. Het begrip omvat regen, motregen, onderkoelde regen, sneeuw, hagel, ijsregen, ijsnaalden, neerslag vanuit mist, dauw, enz.

(WMO no.8, ref. 1)

1.3 eenheden

De erkende eenheden volgens SI zijn (ref. 14):

- neerslaghoeveelheid: mm (= liter/m²)
- neerslagduur: uur
- neerslagintensiteit: mm/s (niet standaard SI: mm/uur)
- neerslagvoorkomen: dimensieloos: 1 (ja) / 0 (nee)
- sneeuw dikte: m of cm
- sneeuwdek: dimensieloos: code (volgens klassen, dit is in feite ook een hoogte/dikte)
- hagelvoorkomen: dimensieloos: 1 (ja) / 0 (nee)

1.4 variabelen

De volgende variabelen worden onderscheiden:

a) neerslaghoeveelheid

Met de neerslaghoeveelheid wordt bedoeld het volume water dat de aarde gedurende de waarnemingsperiode (uur, dag, enz.) in vaste en/of vloeibare vorm bereikt per oppervlakte eenheid van 1 m².

b) neerslagduur

De neerslagduur betreft de gesommeerde tijd (eventueel onderbroken) gedurende de waarnemingsperiode (uur, dag, enz.), waarin sprake is van neerslag (= water dat de aarde in vaste en/of vloeibare vorm bereikt).

c) neerslagintensiteit

De neerslagintensiteit is de hoeveelheid neerslag [d.i. het vloeistofvolume uitgedrukt in m³ c.q. liter (=0,001 m³)] per m² per s.

Tevens: de hoeveelheid neerslag (als laagdikte vloeistof in m c.q. mm) per s.

Meteorologische standaardeenheid: mm/s

d) neerslagvoorkomen

Het neerslagvoorkomen is per specifieke periode de indicatie "ja" c.q. "nee" of er op enig moment gedurende de betreffende periode sprake was van neerslag.

Indien:

ja : waarde = 1

nee: waarde = 0

- e) *sneeuwdikte*
De sneeuwdikte is de verticale dikte van de (totale)sneeuwlaag op de meetlocatie op het moment van waarneming.
- f) *sneeuwdek*
Typering van de aanwezige sneeuw in de directe omgeving van de meetlocatie.
- g) *hagelvoorkomen*
Het hagelvoorkomen is per etmaal (08 - 08 UTC) de indicatie "ja" c.q. "nee" of er op enig moment gedurende de afgelopen 24 uur sprake was van hagel.

1.5 elementcodes

De codering met betrekking tot de neerslag in de synoptische berichtgeving (SYNOP) en de Klimatologische berichtgeving (KLIM) is vastgelegd in het KNMI-handboek meteorologische codes (ref. 15). Module A4/B1, Waarnemen, van de Elementaire Vakopleiding Meteorologie (ref. 4) is een goede leidraad.

- *berichtgeving neerslaghoeveelheid in SYNOP*
Van toepassing zijnde groep in het synoptisch weerrapport (sectie 1):
6RRR t_r

Melding van de hoeveelheid neerslag, uitsluitend op main hours: 00, 06, 12, 18 UTC.

Indicatoren: i_r, t_r, RRR:

i_r: code = 1: er was neerslag; melding hoeveelheid in code RRR
code = 3: er was geen neerslag (neerslag = 0)
code = 4: geen neerslag opgenomen

t_r: code = 1: neerslag afgelopen 6 uur, melding op 00 en 12 UTC
code = 2: neerslag afgelopen 12 uur, melding op 06 en 18 UTC

RRR: code = 000 - 989 : neerslaghoeveelheid in hele mm
(voorbeeld: RRR=037: neerslaghoeveelheid ≥ 37 en < 38 mm)
code = 990 - 999 : neerslaghoeveelheid in tienden mm
(voorbeeld: RRR= 992: neerslaghoeveelheid $\geq 0,2$ en $< 0,3$ mm,
NB: RRR= 990: neerslaghoeveelheid $> 0,0$ en $< 0,1$ mm)

- *berichtgeving neerslaghoeveelheid en -duur in KLIM*
Melding van de hoeveelheid neerslag en de neerslagduur, uurlijks.

Indicatoren: i_{rh}, D_r, R_hR_hR_h:

i_{rh}: code = 1: er was neerslag; melding bij D_r en R_hR_hR_h
code = 0: er was geen neerslag (neerslag = 0)

D_r: code = 0 - 9: neerslagduur in tienden van uren
(voorbeeld: D_r = 3: neerslagduur $\geq 0,3$ uur en $< 0,4$ uur,
NB: D_r = 0: neerslagduur $> 0,0$ uur en $< 0,1$ uur)
code = - (streepje): neerslagduur: het gehele uur

R_hR_hR_h: code = 000 - 999: neerslaghoeveelheid in tienden mm
(voorbeeld: RRR= 134: neerslaghoeveelheid $\geq 13,4$ en $< 13,5$ mm,
NB: RRR= 000: neerslaghoeveelheid $> 0,0$ en $< 0,1$ mm)
code = 00- : enkele druppels

- *codering data neerslaghoeveelheid, neerslagduur en sneeuwdek in KIS*

Bij de opslag van neerslagdata in het Klimatologisch Informatie Systeem *KIS* wordt de volgende codering gehanteerd:

- RH: neerslaghoeveelheid (idem als $R_h R_h R_h$)
- R6: neerslaghoeveelheid die gevallen is in het afgelopen tijdvak van 6 uur
- DR: neerslagduur in het afgelopen uur (idem als D_r)
- RD: hoeveelheid neerslag over de afgelopen 24 uur, afgetapt om 08 UTC

Voorts wordt in *KIS* met code SS de (ad hoc) 6-uurdata mbt de dikte van het sneeuwdek opgeslagen (meetijdstippen: 00, 06, 12, 18 UTC).

codecijfer	mm	codecijfer	mm	codecijfer	mm
00	0	34	340	68	1800
01	10	35	350	69	1900
02	20	36	360	70	2000
03	30	37	370	71	2100
04	40	38	380	72	2200
05	50	39	390	73	2300
06	60	40	400	74	2400
07	70	41	410	75	2500
08	80	42	420	76	2600
09	90	43	430	77	2700
10	100	44	440	78	2800
11	110	45	450	79	2900
12	120	46	460	80	3000
13	130	47	470	81	3100
14	140	48	480	82	3200
15	150	49	490	83	3300
16	160	50	500	84	3400
17	170	51	510	85	3500
18	180	52	520	86	3600
19	190	53	530	87	3700
20	200	54	540	88	3800
21	210	55	550	89	3900
22	220	56	560	90	4000
23	230	57	570	91	1
24	240	58	580	92	2
25	250	59	900	93	3
26	260	60	1000	94	4
27	270	61	1100	95	5
28	280	62	1200	96	6
29	290	63	1300	97	<1 mm
30	300	64	1400	98	>4000 mm
31	310	65	1500	99	Meting on-
32	320	66	1600		mogelijk of
33	330	67	1700		onnauwkeurig

Voorts wordt in *KIS* met code S de (ad hoc) 24-uurdata mbt het sneeuwdek opgeslagen (meetijdstip 08 UTC): codecijfers 0 t.m. 9.

Specifieke neerslagverschijnselen, zoals bijvoorbeeld motregen, buien, sneeuw, hagel, ijzel, e.d., worden apart gecodeerd en beschreven in hoofdstuk 14, Present Weather, past weather, toestand van de grond.

2. Operationele eisen

2.1 bereik

De eisen met betrekking tot het operationeel bereik van de metingen zijn:

- totale hoeveelheid vloeibaar water: 0 - >400 mm
- sneeuwdikte: 0 - 10 m

(conform WMO, ref.1).

2.2 waarneemresolutie in verband met berichtgeving

De vereiste resolutie in de automatische neerslagwaarneming is gebaseerd op de vereiste resolutie in de rapportage van de synoptische meteorologie (ref. 1 en 4). Deze resolutie is in lijn met de gestelde waarneemonzekerheid (ref.1).

- hoeveelheid vloeibaar water: 0,1 mm
(conform WMO, ref.1)
- sneeuwdiepte: 0,01 m
(conform WMO, ref.1)
- neerslagduur: 0,1 uur

2.3 vereiste nauwkeurigheid

Internationale regelgeving betreffende het woordgebruik en begrippen als nauwkeurigheid, onzekerheid en hysteresis zijn vastgelegd in de "International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology" (uitg. ISO; zie ref.19).

- De onzekerheid in de gemeten hoeveelheid vloeibaar water dient niet groter te zijn dan:
0,1 mm in het geval van een geregistreeerde hoeveelheid ≤ 5 mm;
2 % in het geval van een geregistreeerde hoeveelheid > 5 mm
(conform WMO, ref.1).
- De gewenste operationele nauwkeurigheid van de neerslaghoeveelheid in de KLIM- berichtgeving is:
 $\pm 0,05$ mm in het geval van een geregistreeerde hoeveelheid ≤ 5 mm
(voorbeeld: registratie is 3,4: neerslaghoeveelheid $> 3,35$ en $\leq 3,45$ mm);
 ± 1 % in het geval van een geregistreeerde hoeveelheid > 5 mm
(voorbeeld: registratie is 41,3:
neerslaghoeveelheid $> 40,9$ en $\leq 41,7$ mm);
- De gewenste operationele nauwkeurigheid van de neerslaghoeveelheid in de SYNOP- berichtgeving is:
 $\pm 0,05$ mm in het geval van een geregistreeerde hoeveelheid ≤ 1 mm
(voorbeeld: registratie is 0,4: neerslaghoeveelheid $> 0,35$ en $\leq 0,45$ mm);
 $\pm 0,5$ mm in het geval van een geregistreeerde hoeveelheid > 1 mm en ≤ 50 mm
(voorbeeld: registratie is 34: neerslaghoeveelheid $> 33,5$ en $\leq 34,5$ mm);
 ± 1 % in het geval van een geregistreeerde hoeveelheid > 50 mm
(voorbeeld: registratie is 81: neerslaghoeveelheid $> 80,2$ en $\leq 81,8$ mm);
- De gewenste operationele nauwkeurigheid van de neerslagduur in de KLIM- berichtgeving is:
 $\pm 0,05$ uur (=3 minuten)
(voorbeeld: registratie is 3,4: neerslagduur $> 3,35$ en $\leq 3,45$ uur);

- De gewenste (aflees) nauwkeurigheid van de conventionele handregenmeter:
±0,1 mm
(voorbeeld: aflezing is 3,4: neerslaghoeveelheid > 3,3 en ≤ 3,5 uur);
- De onzekerheid in de gemeten sneeuwdikte dient niet groter te zijn dan:
0,01 m in het geval geregistreeerde hoeveelheid ≤ 0,2 m
5 % in het geval geregistreeerde hoeveelheid > 0,2 m
(conform WMO, ref.1)

2.4 vereiste waarneemfrequentie en -tijdstippen

Elektrische regenmeter

Iedere 12" vindt een registratie plaats van de waarde van de gemiddelde neerslagintensiteit in de afgelopen periode van 12 seconden. Deze waarde is, in het geval de neerslagintensiteit wordt geregistreerd met de eenheid mm/s, in feite de hoeveelheid neerslag in dit tijdvak gedeeld door 12 seconden. Omdat in de SIAM een waarde van de neerslagintensiteit wordt opgeslagen met als eenheid 0,001 mm/uur, wordt het getal van de in het 12" tijdvak gemeten hoeveelheid (in mm) vermenigvuldigd met 0,3 (1 mm/12 sec = 0,3 m / 1 uur).

Voorts vindt per 12" in de SIAM een registratie en opslag plaats van:

- de gemiddelde neerslagintensiteit in de afgelopen periode van 1 minuut, dit is het rekenkundig gemiddelde van de neerslagintensiteitswaarden van de laatste vijf 12" samples;
- de maximum neerslagintensiteit in de afgelopen periode van 1 minuut, dit is de hoogste neerslagintensiteitswaarde van de laatste vijf 12" samples;
- de minimum neerslagintensiteit in de afgelopen periode van 1 minuut, dit is de laagste neerslagintensiteitswaarde van de laatste vijf 12" samples;
- de gemiddelde neerslagintensiteit in de afgelopen periode van 10 minuten, dit is het rekenkundig gemiddelde van de neerslagintensiteitswaarden van de laatste vijftig 12" samples;
- de standaarddeviatie neerslagintensiteit in de afgelopen periode van 10 minuten, dit is standaarddeviatie in de serie neerslagintensiteitswaarden van de laatste vijftig 12" samples.

Opslageenheid bij alle variabelen: 0,001 mm/uur.

Vermenigvuldiging van de gemiddelde neerslagintensiteit in de afgelopen periode van 10 minuten geeft de hoeveelheid neerslag in dit 10 minuten tijdvak. Sommatie van 6 achtereenvolgende 10 minuten waarden neerslaghoeveelheid, geeft een uurwaarde neerslaghoeveelheid. Sommatie van 36 achtereenvolgende 10 minuten waarden neerslaghoeveelheid, geeft een 6-uurwaarde neerslaghoeveelheid, enzovoorts.

In de 10-minuten opslagsystemen (vgl. AWS) wordt na extractie uit de SIAM-database, voor ieder 10 minuten tijdstip (dus per uur uu: de tijdstippen uu.00', uu.10', uu.20', uu.30', uu.40', uu.50') op bovenaangegeven wijze een 10 minuten waarde neerslaghoeveelheid opgeslagen.

De uurwaarde neerslaghoeveelheid KLIM c.q. 6- of 12-uurwaarde neerslaghoeveelheid SYNOP op een bepaald uur (bijvoorbeeld waarneemtijd 18 UTC) wordt vastgesteld op precies 10 minuten voor dat uur (in het voorbeeld: 17u50'), en is de hoeveelheid neerslag die op de betreffende lokatie gemeten is over de uurperiode c.q. 6- of 12- uurperiode voorafgaand aan het meettijdstip (in het voorbeeld: KLIM: tijdvak 16u50' - 17u50', SYNOP: 05u50' - 17u50').

Neerslagmelder

Door de neerslagmelder wordt iedere seconde bepaald of er in de afgelopen 1 seconde sprake is geweest van neerslag. Antwoord: “ja” of “nee”. In de SIAM wordt iedere 12” geregistreerd in hoeveel 1-seconden periodes in de afgelopen periode van 12 seconden er sprake is geweest van neerslag. Deze waarde wordt vastgelegd als het aantal seconden neerslag in de laatste 12 seconden.

Voorts vindt per 12” in de SIAM een registratie en opslag plaats van:

- het aantal seconden neerslag in de afgelopen 1-minuut; dit is een sommatie van de waarden neerslagduur (in sec) van de laatste vijf 12” samples;
- het aantal seconden neerslag in de afgelopen 10-minuten; dit is een sommatie van de waarden neerslagduur (in sec) van de laatste vijftig 12” samples.

In de 10-minuten opslagsystemen (vgl.AWS) wordt na extractie uit de SIAM-database, voor ieder 10 minuten tijdstip (dus per uur uu: de tijdstippen uu.00’, uu.10’, uu.20’, uu.30’, uu.40’, uu.50’) op bovenaangegeven wijze een 10 minuten waarde neerslagduur (= aantal seconden neerslag in de afgelopen 10-minuten) opgeslagen.

Sommatie van 6 achtereenvolgende 10 minuten waarden neerslagduur, geeft een uurwaarde neerslagduur.

De uurwaarde neerslagduur (KLIM) op een bepaald uur (bijvoorbeeld waarneemtijd 18 UTC) wordt vastgesteld op precies 10 minuten voor dat uur (in het voorbeeld: 17u50’), en is de neerslagduur die op de betreffende lokatie gemeten is over de uurperiode voorafgaand aan het meettijdstip (in het voorbeeld: tijdvak 16u50’ - 17u50’).

Sneeuwdikte

Indien van toepassing wordt iedere 6 uur handmatig bepaald wat de actuele dikte van de sneeuwlaag is. De waarneemtijden zijn 00, 06, 12 en 18 UTC. Het meettijdstip is precies 10 minuten voor het betreffende uur.

Conventionele handregenmeter

Op de specifieke (ca. 325) neerslagstations wordt ieder etmaal bepaald wat de hoeveelheid neerslag in de afgelopen 24 uur is geweest. Deze bepaling geschiedt door handmatige aftapping van de in het instrument opgevangen neerslag op het tijdstip 5 minuten voor 8 UTC.

Op deze neerslagstations wordt tevens, indien van toepassing, eenmaal per etmaal (om 8 UTC) bepaald wat de situatie mbt het sneeuwdek op dat moment is. De waarneming wordt met een codecijfer vastgelegd .

Facultatief kunnen de waarnemers op deze neerslagstations tevens, indien van toepassing, eenmaal per etmaal (om 8 UTC) aangeven of er op enig moment gedurende het afgelopen etmaal ter plekke sprake is geweest van hagel.

2.5 vereiste data-aanwezigheid per specifieke periode

Beoordeling van de acceptabele uitvalsduur van neerslagwaarnemingen is ad hoc op grond van de operationele en prognostische relevantie en de samenhang met andere (dus wel beschikbare) waarnemingen (SYNOP-netwerk, radarbeelden, enz.).



In *SYNOP/KLIM*:

- Een 1-uurlijkse waarde neerslag (hoeveelheid, duur) wordt niet vastgesteld en gecodeerd indien 1 of meer van de onderhavige 10-minutenwaarden ontbreken;
- Een 6-uurlijkse waarde neerslag wordt niet vastgesteld en gecodeerd indien 1 of meer van de onderhavige uurwaarden ontbreken;
- Een 12-uurlijkse waarde neerslag wordt niet vastgesteld en gecodeerd indien 1 of meer van de onderhavige uurwaarden ontbreken.

3. Instrumenten en techniek

3.1 techniek en specificaties

Het KNMI gebruikt de volgende standaardinstrumenten voor de meting van de neerslag:

- de elektrische regenmeter op ca. 30 stations in Nederland;
- de elektrische neerslagmelder op ca. 30 stations in Nederland;
- de conventionele handregenmeter op ca. 325 plaatsen in Nederland.

Electrische regenmeter

De gevallen hoeveelheid neerslag wordt in de elektrische regenmeter bepaald door het meten van de stand van een vlotter, die zich bevindt in het meetvat waarin de neerslag wordt opgevangen. De vlotter is verbonden met een potentiometer. Vaste neerslag (hagel, sneeuw) wordt door verwarming van de trechter gesmolten en vervolgens als natte neerslag gemeten. De meetfrequentie is $1/12$ Hz. Dat wil zeggen per 12 seconde wordt het vat geleegd en de (werkelijke) leegloop van vloeistof bepaald. Hierbij wordt o.a. rekening gehouden met het weglopen van wel gevallen, maar nog niet gemeten neerslag tijdens het legen. Ook wordt rekening gehouden met hysteresis effecten bij het stijgen van de vlotter na leegloop. De neerslagintensiteit wordt bepaald uit het verschil in vlotter standen tussen de tijdstippen aan het begin en aan het eind van de middelingsperiode. Daarbij wordt ervoor gezorgd dat ruis geëlimineerd wordt.

De technische specificaties van de neerslagmeter met de SIAM zijn als volgt:

Meetbereik:	0 tot 0,7 mm per 12 seconden
Resolutie:	0,1 mm
Nauwkeurigheid:	$\pm 0,2$ mm
Meetfrequentie:	$1/12$ Hz

Electrische neerslagmelder

De neerslagduur wordt bepaald met behulp van een neerslagmelder. Dit instrument geeft de actuele toestand: wel of geen neerslag. Het apparaat is voorzien van een verwarmingselement, dat er voor moet zorgen dat binnen 1 seconde na afloop van de neerslag de elektroden weer droog zijn. Dan kan er weer eventuele nieuwe neerslag vastgesteld worden.

De technische specificaties van de neerslagmelder met de SIAM zijn als volgt:

Aansprekdrempel:	0,02 mm/uur
Meetfrequentie:	$1/12$ Hz

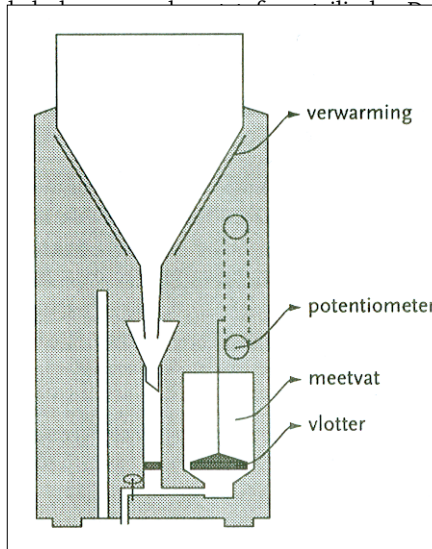
Conventionele handregenmeter

De conventionele handregenmeter bestaat uit twee gedeelten:

- een trechter met een horizontale ingangsoppervlakte van 2 dm², een nauwe doorlaatopening aan de onderzijde;
- een opvangreservoir voor maximaal 105 mm neerslag

De nauwe opening is nodig om te voorkomen dat opgevangen water door verdamping verdwijnt.

De meting van de neerslag in het opvangreservoir geschiedt handmatig met een afleesresolutie op de maatcilinder



Sneeuwdek en -dikte

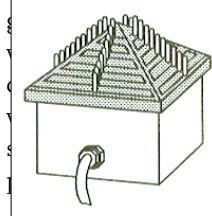
De 6-uurlijkse waarneming van de sneeuwdikte ten behoeve van de SYNOP wordt gedaan met behulp van een liniaal met 0,5 cm-aflezing. Deze wordt in de sneeuwlaag geprikt.

De sneeuwdek waarneming op de specifieke 325 neerslagstations (eenmaal per etmaal om 8 UTC) geschiedt deels met behulp van een liniaal deels middels een visuele interpretatie van de actuele sneeuwdeksituatie (gesloten of gebroken) in de omgeving van het waarnemstation. De waarneming wordt vastgelegd met een code (codecijfers 0 t.m. 9).

(ref. 7)

3.2 onderhoud- en calibratieprocedures

De sensoren voor de neerslagmeting, c.q. -melding dienen te voldoen aan de nauwkeurigheidseisen. Hiertoe is onderhoud nodig, waarbij de instrumenten door middel van calibratie op door ervaring bepaalde intervallen worden



aan de gestelde eisen. Een calibratiecertificaat wordt e referentie meetwaarden volledig herleidbaar zijn naar ende standaard. De KNMI afdeling Insa is verantwoordelijk edures die zijn vastgelegd in het (ISO-9001) kwaliteits-onderdeel van de procedure 2.2.3 "Beheersprocedure l" (ref.10)

4. Procedures



4.1 procedures bij uitval automatische waarnemingen

Aanvulling in SYNOP en KLIM bij uitval van de automatisch gegenereerde waarden vindt niet plaats. Inschatting van de neerslagsituatie in de onderhavige regio geschiedt aan de hand van waarnemingen van naburige synoptische stations en radarbeelden.

4.2 procedures voor achteraf validatie

Het Klimatologische Informatiesysteem (KIS) van het KNMI bevat de gearchiveerde neerslaggegevens van de land-en zeestations. De invoer in KIS van de neerslagwaarden RH, R6, DR en RD, alsmede de eventuele sneeuwdekgegevens SS en S, geschiedt op dagbasis en betreft de uurlijkse, c.q. 6-uurlijkse, 24-uurlijkse waarden van het afgelopen etmaal (uurvakken h = 00 t/m 23UTC).

Controleprocedures

De nieuw ingevoerde waarden RH, R6, DR en SS worden dagelijks onderworpen aan automatische controleprocedures die in het systeem ingeprogrammeerd zijn. Het gaat om de volgende procedures per station:

RH

- Als $WW = 20$ of $21..27$ of $50..97$ of 99 dan moet $RH < 0$ anders verdacht,
- Als $WW < 20$ en $WW < 17$ dan moet $RH = 0$ anders verdacht,
- Als $W_2 = 0$ en $W_3 = 0$ en $W_4 = 0$ dan moet $RH = 0$ anders verdacht,
- Als $W_2 = 1$ of $W_3 = 1$ of $W_4 = 1$ dan moet $RH < 0$ anders verdacht,
- RH moet ≤ 90 anders verdacht,
- RH moet ≥ 0 anders verdacht.

R6

- Als in uur h of in uur h-1 of in uur h-2 .. h-5 een van de elementen W_2 , W_3 of $W_4 = 1$ dan moet $R6$ (uur h) < 0 anders verdacht,
- Als in uur h en in uur h-1 en in uur h-2 .. h-5 de elementen W_2 , W_3 en $W_4 = 0$ dan moet $R6$ (uur h) = 0 anders verdacht,
- $R6$ moet ≤ 160 anders verdacht.

Opmerking: de controles voor R6 zijn alleen van toepassing op stations die geen uurwaarden RH genereren.

DR

- Als $RH = 0$ dan moet $DR = 0$ anders verdacht,
- Als $RH > 2$ dan moet $DR > 0$ anders verdacht,
- DR moet ≤ 10 anders verdacht,
- DR moet ≥ 0 anders verdacht,
- Als $DR < 0$ dan moet $WW = 20$ of $21..27$ of 29 of $50..97$ of 99 anders verdacht,
- Als $W_2 = 0$ en $W_3 = 0$ en $W_4 = 0$ dan moet $DR = 0$ anders verdacht,
- Als $DR < 0$ dan moet W_2 of W_3 of $W_4 = 1$ anders verdacht,

h. Als $DR < 0$ dan moet $RH \geq 1$ anders verdacht.

SS

- Als $E \leq 4$ dan moet $SS = 0$ anders verdacht,
- Als $E > 4$ dan moet $SS > 0$ anders verdacht,
- SS moet = 0 of 1..50 of 97 of 98 of 99 anders verdacht,
- Als W_3 van uur h en W_3 van uur $h-1$ tot en met W_3 van uur $h-5 = 0$ dan moet $SS_h \leq SS_{h-6}$ (uitgezonderd $SS = 97$ of 98 of 99) anders verdacht.

De betekenis van de codes WW , W_i ($i = 2,3,4$) en E wordt beschreven in ref. 4 en (tzt) in hoofdstuk 14 van het Handboek.

Validatie

De afdeling Klimatologische Dienstverlening (WM/KD) van het KNMI is verantwoordelijk voor de uiteindelijke validiteit van de neerslag- en sneeuwdekgegevens in KIS . Dit geldt zowel voor de waarden die automatisch gecontroleerd zijn op validiteit volgens bovenstaande procedures, als voor de 24-uurwaarden RD en S .

WM/KD beoordeelt daartoe dagelijks (alleen op werkdagen) in principe iedere waarde, daarbij geholpen door de output van de bovenbeschreven testprocedures. Een ontbrekende waarde of een waarde, die overduidelijk onjuist is, wordt zo mogelijk vervangen op grond van door WM/KD vastgelegde procedures (beschreven in het KD -Procedureboek, intern document).

De alternatieve waarde kan worden gebaseerd op onder meer:

- lineaire interpolatie van aangrenzende (correcte) waarden in de tijdreeks;
- ruimtelijke interpolatie op grond van synchrone waarden van 2 of meer nabije stations;
- inschatting van de uurwaarde op grond van de tijdreeksen 10-minuten gegevens die uit het AWS kunnen worden opgevraagd.

Vervanging geschiedt handmatig, waarbij iedere situatie individueel wordt beoordeeld.

Bij uitval c.q. verdacht zijn van de waarden van neerslagmetingen in een (automatisch) meteorologisch station worden tevens de 24-uurwaarden van naburige neerslagstations (08 -08 UTC aftapping) plus de radarbeelden gebruikt voor een (geschatte) verdeling van de 24-uursom over de uren. (ref.9)

De afdeling Operationele Waarnemingen (WM/OW) van het KNMI wordt geïnfomeerd ingeval ontbrekende c.q. verdachte waarnemingen worden geconstateerd. Op grond hiervan kunnen maatregelen worden getroffen in de vorm van onderhoud (door de afdeling $INSA/MSB$).

4.3 procedures voor inspectie

Elektrische neerslagmetingen (ca. 30 stations)

Iedere locatie in het $KNMI$ -waarneemnet waar elektrische neerslagmetingen (hoeveelheid, detectie) worden gedaan, wordt in principe twee maal per jaar geïnspecteerd door een functionaris van WM/OW /stationsbeheer (stations van de Koninklijke Luchtmacht: 1 maal per jaar).

Tevens kan op verzoek van WA of WM/KD een extra tussentijdse inspectie plaatsvinden, indien de (validatie van) de data daartoe aanleiding geeft.

Voorts vindt inspectie plaats in het geval van vestiging van een nieuw waarnemingsstation (inclusief neerslagmeting en -detectie) en bij voorkeur verplaat-

sing van de meetlocatie (neerslag) op een bestaand waarneemstation; In deze laatstgenoemde situatie is de procedureafpraak dat WM/OW vooraf door Insa/MSB geïnformeerd wordt door middel van een tijdsplan van de ophanden zijnde plaatsing c.q. verplaatsing. Binnen 1 week na plaatsing c.q. verplaatsing ontvangt WM/OW hieromtrent bericht, inclusief toezending ijkbevijs.

De inspectie kan de volgende controles omvatten:

- Controle of de ijktermijn van het meetinstrument nog niet is verlopen. Is dit het geval dan wordt INSA/MSB hierover geïnformeerd, opdat uitwisseling zal plaatsvinden.
- Een visuele beoordeling of de meetomstandigheden en de omgeving aan de gestelde condities voldoen. Indien dit niet het geval is, rapporteert de inspecteur hieromtrent (ook schriftelijk) aan de betrokken afdelingen, in het bijzonder WM/KD, en Insa/MSB. Afhankelijk van de situatie beoordeelt OW c.q. Insa/MSB welke correctieve acties ondernomen dienen te worden om een en ander te herstellen conform de operationele eisen. De acties kunnen variëren van een verzoek aan de beheerder van het betreffende waarneemterrein tot aanpassing van de terreinsituatie tot de start van een procedure om een nieuw waarneemterrein te zoeken.

Van alle inspectiebezoeken wordt een rapport opgesteld door de stationsinspecteur. Bij ieder bezoek worden de situatieschetsen en foto's van de opstelling getoetst c.q. bijgesteld c.q. opnieuw gemaakt. De rapportage wordt KNMI breed verspreid, volgens een lijst van betrokken medewerkers, opgesteld door HOW.

Handmatige neerslagmetingen (ca. 325 stations)

Iedere locatie in het KNMI-waarneemnet waar handmatige neerslagmetingen worden gedaan, wordt gemiddeld 1 maal per 1½ à 2 jaar geïnspecteerd door een functionaris van WM/OW/stationsbeheer.

Tevens kan op verzoek van WM/KD een extra tussentijdse inspectie plaatsvinden, indien de (validatie van) de data daartoe aanleiding geeft.

Voorts vindt inspectie plaats in het geval van vestiging van een nieuw waarneemstation c.q. verplaatsing van de meetlocatie op een bestaand waarneemstation.

De inspectie kan de volgende controles omvatten:

- controle van de staat van het instrument en eventuele reiniging;
- controle of de omgeving (nog) aan de gestelde condities voldoet; eventuele verplaatsing in overleg met de waarnemer;
- controle van de juistheid van de opstelling (waterpas e.d.); zonodig corrigeren;
- contact met de waarnemer: "bijpraten"; zonodig corrigeren en motiveren;
- verwerking van een en ander in het desbetreffende stationsdossier.

5. Afgeleide gegevens

5.1 Neerslaghoeveelheid of -som per specifieke periode

In het geval van een periode van 1 seconde, is de neerslagsom over deze periode de neerslagintensiteit gedurende deze periode (van 1 s) x 1 s (eenheid: mm).

In het geval van een periode van meer dan 1 seconde, stel n seconden ($n > 1$), is de hoeveelheid neerslag gedurende deze periode de geïntegreerde neerslagsom over de onderhavige n seconden (eenheid: mm).

5.2 Neerslagduur per specifieke periode

In het geval van een willekeurige periode, stel n seconden, is de totale neerslagduur gedurende deze periode de som van de seconden in deze periode gedurende welke sprake was van neerslagvoorkomen.

6. Opstellingseisen en omgevingscondities

6.1 Opstellingseisen en -voorzieningen

De opstelling van de neerslagmeter en van de neerslagmelder moet zodanig zijn dat de neerslag vanuit alle richtingen onbeperkt in de opvangopening, c.q. op het sensoroppervlak kan vallen. De directe omgeving van de instrumenten moet horizontaal zijn en kan bedekt zijn met gras, korte bodembedekkers, aarde of grint. Harde, vlakke oppervlakken zijn ongewenst in verband met het risico van opspattend water dat ook in/op het instrument kan vallen. Enige beschutting op afstand is gewenst om te voorkomen dat regen of sneeuw door wind verwaaid.

De bovenrand van de neerslagmeter moet horizontaal zijn. De standaardhoogte van de rand is 40cm boven het maaiveld. (ref.3)

De standaardopstelling voor de elektrische regenmeter is de Engelse opstelling. Hierbij is de regensensor omgeven door een aarden wal met een diameter van 3 meter en een hoogte van 40 cm (dit is dus de hoogte van de bovenrand). Aan de overzijde heeft de wal een talud. Door deze opstelling wordt verwaaiing tot een minimum beperkt.

Deze opstelling werd aanbevolen door Braak (1945) in het bijzonder voor onbeschutte plaatsen (ref. 8).

6.2 *Conditie met betrekking tot de meetlocatie en de omgeving; representativiteit van de waarnemingen*

De afstand van de meetlocatie neerslag tot nabije obstakels (bomen, bosschages, muren, huizen, e.d.) dient tenminste twee maal, doch bij voorkeur vier maal de obstakelhoogte boven het vlak van de bovenzijde van de neerslagmeter te zijn.

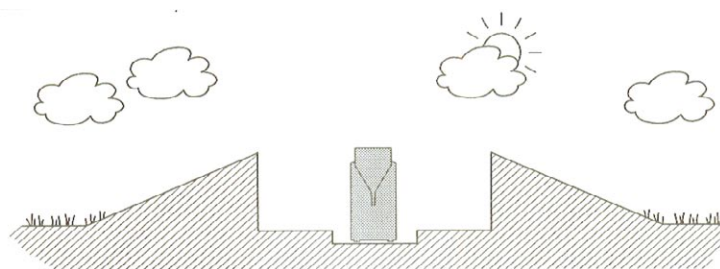
Voorbeeld: de obstakelhoogte van een 3 meter hoge haag is $3,0 - 0,4 = 2,6$ m.. De afstand van de meetlocatie tot deze haag dient tenminste ($2 \times 2,6 =$) 5,2 m, doch bij voorkeur ($4 \times 2,6 =$) 10,4 m te zijn.
(Conform WMO, ref.1).

Deze conditie blijkt in het geval van de vestiging van een (nieuw) station ten behoeve van de conventionele handregenmeter vaak niet realistisch. Uit praktische overwegingen hanteert het KNMI bij deze stations de conditie dat de afstand van de meetlocatie tot nabije obstakels (bomen, bosschages, muren, huizen, e.d.) tenminste één maal de obstakelhoogte boven het vlak van de bovenzijde van de neerslagmeter dient te zijn. De inspecteur stationsbeheer die verantwoordelijk is voor de situering van het station, zal de locatie overigens te allen tijde zodanig kiezen dat de invloed van eventuele obstakels verwaarloosbaar is.

Door de gekozen opstelling, alsmede de getroffen maatregelen met betrekking tot de omgeving zullen systematisch fouten in de neerslagmeting als gevolg van verdamping of verwaaiing (van druppels of sneeuw) beperkt zijn. Mede daarom vindt geen correctie plaats. Het ontwikkelen van een correctie-algoritme met onder meer als input informatie met betrekking tot actuele meteorologische parameters, zoals wind, straling en temperatuur, is optioneel (een en ander mede op basis van WMO-studies, ref. 6).

Referenties

1. World Meteorological Organization, 1996: wmo-No. 8, Guide to meteorological instruments and methods of observations, 6th edition, 1996 (i.h.b. Hoofdstuk 6); wmo, Genève, 1996.
2. Statement of operational accuracy requirements of level II data, according to wmo codes SYNOP, SHIP, METAR and SPECI; Annex X van wmo no.807 (CIMO XI).
3. KNMI, 1993: Meteorologische Instrumenten, Elementaire Vakopleiding Meteorologie (EVM), module A11, J.G. van der Vliet; KNMI, De Bilt, 1993.
4. KNMI, 1996: Synoptische en klimatologische waarnemingen en codes, Elementaire Vakopleiding Meteorologie (EVM), module A4/B1, E.Chavanu; KNMI, De Bilt, 1996.
5. Neerslag en verdamping, T.A.Buishand en C.A.Velds, 1980 (KNMI-uitgave).
6. Methods of correction for systematic error in point precipitation measurement for operational use, B.Sevruk, wmo-no.589, 1982.



Engelse opstelling

7. Sneeuwdek in Nederland 1961 - 1990, A.M.G.Klein Tank, KNMI-publicatie no.150-28.
8. Invloed van de wind op regenwaarnemingen, KNMI Meded. en Verhand. 48, C. Braak, Rijksuitgeverij Den Haag, 1945.
9. wmo, no.168, Volume I, wmo-guide to hydrological practices, pp43 en 44, 1981.
10. KNMI, 1994: Calibratieprocedures van het KNMI-ijklaboratorium volgens ISO-9001, A. van Londen, Insa/IO; KNMI, De Bilt, 1994.
11. KNMI, 1992: Basis ontwerp Vernieuwing Operationeel Klimatologisch Informatiesysteem VOKIS, 1992; KNMI document.
12. KNMI 1997: X-SIAM-specificatie, J.R.Bijma, KNMI-Insa, KNMI-document, Insa Documentnummer ID-30-015; KNMI, De Bilt, 1997.
13. ISO-procedures mbt back-up operationele waarnemingen (SYNOP, METAR) (info bij J.van Bruggen, LMD).
14. Nederlands Meetinstituut, 1994; Het Internationale Stelsel van Eenheden (SI); NMI, Delft 1994.

15. KNMI, 1994: Handboek Meteorologische Codes; P.IJ.de Vries, KNMI, De Bilt, 1994-1999.
16. International Civil Aviation Organization 1998: Meteorological Service for International Air Navigation, International Standards and Recommended Practices, Annex 3 to the Convention on International Civil Aviation, 13th edition; ICAO, Montreal, Canada, 1998.
17. Klimatologische gegevens van Nederlandse stations: normalen en extreme waarden van de 15 hoofdstations voor het tijdvak 1961- 1990; KNMI, 1992, publicatienummer 150-27.
18. XRI-SIAM: Neerslag; J.R.Bijma, KNMI-Insa, KNMI-document, Insa Documentnummer ID-30-014.
19. International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology, uitg. ISO 1993.

Inhoud

Hoofdstuk 7. Straling

1. Beschrijving 7 - 1
 - 1.1 Benaming van de grootheid 7 - 1
 - 1.2 Definities; omschrijving van de begrippen 7 - 1
 - 1.3 Eenheden 7 - 3
 - 1.4 Beschrijving van de variabelen 7 - 3
 - 1.5 Elementcodes 7 - 4
 2. Operationele eisen 7 - 7
 - 2.1 Bereik 7 - 7
 - 2.2 Waarneemresolutie in verband met berichtgeving 7 - 7
 - 2.3 Operationeel vereiste nauwkeurigheid 7 - 8
 - 2.4 Vereiste waarneemfrequentie 7 - 8
 3. Instrumenten en techniek 7 - 11
 - 3.1 Techniek en specificaties 7 - 11
 - 3.2 Onderhoud- en calibratieprocedures 7 - 12
 4. Procedures 7 - 13
 - 4.1 Procedures bij uitval automatische waarnemingen 7 - 13
 - 4.2 Procedures voor achteraf validatie 7 - 13
 - 4.3 Procedures voor inspectie 7 - 14
 5. Afgeleide grootheden 7 - 17
 - 5.1 Bepaling zonneshijnduur uit 10'-waarden globale straling 7 - 17
 - 5.2 Referentie gewasverdamping volgens Makkink 7 - 17
 6. Opstellingseisen en omgevingscondities 7 - 19
- Referenties 7 - 21



7. Straling

1. Beschrijving

1.1 Benaming van de grootheid

Algemene benaming: straling

Internationale aanduiding: radiation (WMO no.8, ref. 1)

1.2 Definities; omschrijving van de begrippen

1.2.1 Spectraalgebieden

Metingen van straling betreffen een aantal relevante spectraalgebieden. Twee hoofdgebieden worden hierbij onderscheiden: kortgolvlige straling en langgolvlige straling. De grens ligt ongeveer bij $4 \mu\text{m}$ (= 4000 nanometer (nm)). Het zogeheten kortgolvlige gebied wordt ruwweg bepaald door het spectrale energiegebied van de zon. Feitelijk gaat het hierbij om de met het menselijke oog zichtbare straling plus een deel van de ultraviolette (UV)-straling en een deel van de nabije infrarode (IR)-straling. Het langgolvlige gedeelte wordt bepaald door het spectrale energiegebied van het aardoppervlak en de atmosfeer. Meer specifiek worden de metingen gericht op de volgende golflengte gebieden:

a) kortgolvlige straling

- het grootste deel van het hele kortgolvlige gebied; het instrument dat door het KNMI voor de operationele metingen wordt gebruikt (par. 3.1), heeft een spectraal venster van $0,305\text{--}2,800 \mu\text{m}$ (Velds, ref. 10, pag 45);
- UV-A straling: golflengte: $0,315$ (of $0,32$) - $0,4 \mu\text{m}$;
- UV-B straling: golflengte: $0,28$ - $0,315 \mu\text{m}$;

b) langgolvlige straling: golflengte: $4\text{--}100 \mu\text{m}$ (het IR-gebied) (ref. 10 en 16)

1.2.2 Kortgolvlige straling


In de meteorologie en de klimatologie gaat het bij de grootheid kortgolvlige straling om straling van de zon die direct of indirect het aardoppervlak bereikt. Langgolvlige straling is de straling die vanuit het aardoppervlak of de aardatmosfeer wordt uitgezonden. In het kader van de grootheid kortgolvlige straling worden de volgende subgrootheden onderscheiden: "globale straling", "directe straling", "diffuse straling", "uitgaande kortgolvlige straling" en "netto kortgolvlige straling". De (sub)grootheden "zonneshijnduur" en "relatieve zonneshijnduur" worden afgeleid uit de "directe straling". Deze twee grootheden worden uitgebreid besproken in hoofdstuk 8 van dit handboek.

- globale straling

De globale straling is de totale inkomende kortgolvlige straling die het aardoppervlak bereikt (= de som van de directe en de diffuse straling). Bedoeld wordt de totale inkomende kortgolvlige stralingsenergie flux door een horizontale oppervlakte-eenheid. Deze grootheid wordt in de regel uitgedrukt in de hoeveelheid energie per tijdseenheid per oppervlakte-eenheid (W/m^2).

- directe straling

De directe straling is de inkomende kortgolvlige straling, die het aardoppervlak



rechtstreeks bereikt. De overgedragen energie wordt bij de meting bepaald in een hoeveelheid energie per tijdseenheid per oppervlakte-eenheid in een vlak loodrecht op de invalrichting van de zon (W/m^2). Gebruik makend van de invalshoek van de directe straling op het aardoppervlak kan de gemeten waarde directe straling worden herleid tot de hoeveelheid energie per tijdseenheid per oppervlakte-eenheid (W/m^2) in het horizontale vlak, zodat de samenhang van de directe straling met de globale en diffuse straling kan worden gevalideerd.

- diffuse straling

De diffuse straling is de inkomende kortgolvlige straling, die het aardoppervlak door verstrooiing en reflectie in de atmosfeer bereikt. De overgedragen energie wordt in de regel uitgedrukt in een hoeveelheid energie per tijdseenheid per oppervlakte-eenheid (W/m^2) in het horizontale vlak.

- uitgaande kortgolvlige straling

De uitgaande kortgolvlige straling is een gedeelte van de globale straling, dat aan het aardoppervlak wordt gereflecteerd of verstrooid in de richting van de atmosfeer. De overgedragen energie wordt in de regel uitgedrukt in een hoeveelheid energie per tijdseenheid per oppervlakte-eenheid (W/m^2) in het horizontale vlak.

- netto kortgolvlige straling

De netto kortgolvlige straling is de globale straling minus de uitgaande kortgolvlige straling, feitelijk dus de door het aardoppervlak geabsorbeerde straling.

1.2.3 Meetgrootheden per spectraalgebied

De subgrootheden directe straling, globale straling en diffuse straling zijn specifiek van toepassing op de onder 1.2.1.a aangeduide operationele meetgebieden. We krijgen aldus de volgende relevante specifieke meetgrootheden:

- *het grootste deel van het hele kortgolvlige gebied: 0,305–2,800 μm*
 - globale straling
 - directe straling
 - diffuse straling

- *UV-A: 0,315 (of 0,32) - 0,4 μm*
 - globale UV-A straling
 - directe UV-A straling
 - diffuse UV-A straling

- *UV-B : 0,28 - 0,315 μm*
 - globale UV-B straling
 - directe UV-B straling
 - diffuse UV-B straling

De uitgaande kortgolvlige straling wordt niet operationeel door het KNMI gemeten. Daarmee kan ook de netto kortgolvlige straling niet uit de metingen worden herleid.

De componenten langgolvlige straling, te weten de inkomende langgolvlige straling en de uitgaande langgolvlige straling, worden niet operationeel door het KNMI gemeten. Daarmee kunnen ook de netto langgolvlige straling (= inkomend - uitgaand), alsmede de netto straling (= netto langgolvlige + netto kortgolvlige straling) niet uit de metingen worden herleid.

1.2.4 Zonneconstante en extraterrestrische straling

Een grootheid die in diverse berekeningen omtrent de ontvangen zonne-energie een rol speelt is de zogeheten zonneconstante. Deze constante is een maat voor de energiesterkte van de zon. Deze vertegenwoordigt de ontvangen hoeveelheid stralingsenergie per tijdseenheid van de zon bij afwezigheid van de atmosfeer op een willekeurige vlak in de ruimte loodrecht op de inval-richting van de zonnestralen. De afstand van dit vlak tot het middelpunt van de zon is gelijk aan de gemiddelde afstand tussen de middelpunten van de aarde en de zon. Bij gemiddelde afstand bedraagt de waarde van de constante ca. 1367 W/m^2 . (ref. 10: par.5.10 op pag. 100, en ref.16). Mede op basis van de zonneconstante kan berekend worden wat de inkomende stralingsenergie per tijdseenheid per oppervlakte-eenheid op het horizontale vlak aan de rand van de atmosfeer is. Men spreekt hierbij van de extraterrestrische straling (ref. 10).

1.3 Eenheden

De gebruikte standaard eenheid voor straling als energiestroom (irradiantie) is conform SI (ref. 8) en is als volgt: $\text{W/m}^2 = \text{Js}^{-1}\text{m}^{-2}$ {W: Watt, J: Joule, s: seconde, m: meter}.

In toepassingen wordt ook straling als energiestroom gebruikt, zoals bij de berekening van verdamping, zie hoofdstuk 10 van dit handboek. De standaard eenheid bij deze stralingsparameter is J/m^2 : {J: Joule, m: meter}. Omdat dit bij deze eenheid veelal resulteert in bizar grote getallen wordt door het KNMI voor straling als energiestroom de eenheid J/cm^2 gebruikt {J: Joule, cm: centimeter}.

1.4 Beschrijving van de variabelen

Bij de operationele metingen globale straling, directe straling en diffuse straling met betrekking tot de grootheden gehele kortgolelige spectrum c.q. UV-A c.q. UV-B worden de volgende variabelen geregistreerd:

Maximum straling

De maximum straling in een bepaald tijdvak (10-minuten, uur, dag) betreft de hoogste 12 seconde waarde in dit tijdvak (W/m^2).

Minimum straling

De minimum straling in een bepaald tijdvak (10-minuten, uur, dag) betreft de laagste 12 seconde waarde in dit tijdvak (W/m^2).

Gemiddelde straling

De gemiddelde straling in een bepaald tijdvak (10-minuten, uur, dag) betreft het gemiddelde van alle metingen in dit tijdvak (W/m^2).

Stralingssom

De stralingssom in een bepaald tijdvak (10-minuten, uur, dag) betreft het product van de gemiddelde straling en de duur van dat tijdvak in seconden, uitgedrukt in J/m^2 , of dit getal gedeeld door 10000 en dan uitgedrukt in J/cm^2 .

1.5 Elementcodes

1.5.1 Symbolen in SIAM (ref. 6)

Spectrum	Grootheid	Variabele	Symbol	Naam
Kortgolvig	Globaal	Gemiddelde	QG	Globale straling
		Minimum	QGN	Minimum Globale straling
		Maximum	QGX	Maximum Globale straling
	Direct	Gemiddelde	QD	Directe straling
		Minimum	QDN	Minimum Directe straling
		Maximum	QDX	Maximum Directe straling
	Diffuus	Gemiddelde	QF	Diffuse straling
		Minimum	QFN	Minimum Diffuse straling
		Maximum	QFX	Maximum Diffuse straling
UV-A	Globaal	Gemiddelde	QV	UV-A Globale straling
		Minimum	QVN	Minimum UV-A Globale straling
		Maximum	QVX	Maximum UV-A Globale straling
	Direct	Gemiddelde	QA	UV-A Directe straling
		Minimum	QAN	Minimum UV-A Directe straling
		Maximum	QAX	Maximum UV-A Directe straling
	Diffuus	Gemiddelde	QY	UV-A Diffuse Straling
		Minimum	QYN	Minimum UV-A Diffuse Straling
		Maximum	QYX	Maximum UV-A Diffuse Straling
UV-B	Globaal	Gemiddelde	QU	UV-B Globale straling
		Minimum	QUN	Minimum UV-B Globale straling
		Maximum	QUX	Maximum UV-B Globale straling
	Direct	Gemiddelde	QB	UV-B Directe straling
		Minimum	QBN	Minimum UV-B Directe straling
		Maximum	QBX	Maximum UV-B Directe straling
	Diffuus	Gemiddelde	QZ	UV-B Diffuse Straling
		Minimum	QZN	Minimum UV-B Diffuse Straling
		Maximum	QZX	Maximum UV-B Diffuse Straling

1.5.2 Internationale codes SYNOP

Globale straling

- groep 53 Q_h, Q_h, Q_h

Gemeld wordt de uursom globale straling afgerond op hele joules/cm²

Bij instrumentuitval wordt /// gecodeerd.

(ref.9)

1.5.3 Nationale codes: NF 11 STRALING - Specifieke stralingsgegevens

(QQQQ)_{ni}: Stralingstype en meetwaarde

Deze code wordt alleen gebruikt door station o6262 (Straling station De Bilt).

Toelichting:

n: 1,2,3,...,9,0

1 = Directe straling
2 = Diffuse straling
3 = Globale straling
4 = UV-A Directe straling
5 = UV-B Directe straling
6 = UV-A Globale straling
7 = UV-B Globale straling
8 = UV-A Diffuse straling
9 = UV-B Diffuse straling
0 = Netto Totale straling*

t: G = 10-minuten gemiddelde waarde
X = Maximale waarde over de afgelopen 10 minuten
N = Minimale waarde over de afgelopen 10 minuten

Per stralingscomponent zijn per waarde slechts 4 posities in de code beschikbaar. Het gecodeerde getal betreft derhalve de meetwaarde in een aangepaste eenheid:

- globale straling, directe straling, diffuse straling: W/m^2 ;
- UV-A globale, directe, diffuse straling: $10^{-2} W/m^2$;
- UV-B globale, directe, diffuse straling: $10^{-4} W/m^2$;
- Netto totale straling*: W/m^2

(ref.9)

* niet operationeel gemeten

2. Operationele eisen

2.1 Bereik

Globale straling wordt op 33 locaties in Nederland operationeel door het KNMI gemeten. Een overzicht is te vinden in hoofdstuk 1, bijlage 3, van dit handboek. De stralingscomponenten directe straling, diffuse straling, UV-A straling (globaal, direct, diffuus) en UV-B straling (globaal, direct, diffuus) worden alleen in De Bilt operationeel door het KNMI gemeten.

De ondergrens met betrekking tot de operationele metingen van bovengenoemde stralingscomponenten wordt bepaald door het feit dat het in alle gevallen gaat om van bovenaf inkomende straling. Het teken van de waarde is derhalve altijd positief. De principiële ondergrens is aldus voor alle metingen 0 W/m^2 . Geregistreerde negatieve waarden (die het gevolg kunnen zijn van een instrumentele afwijking) worden op 0 gezet.

Het vaststellen van de bovengrens van de operationele metingen globale straling is gebaseerd op de grootste uursom die ooit in De Bilt is gemeten, te weten $3,3 \text{ MJ / m}^2$. Deze waarde correspondeert met een gemiddelde stralingsflux in dat uurvak van 917 W/m^2 .

(Velds, ref. 10, par.4.1.4, tabel 4.8). Een meetgrens van 2000 W/m^2 voor alle variabelen globale straling kan als veilig worden beschouwd. Dezelfde maximumwaarde kan worden gehanteerd voor de meetvariabelen van de componenten directe en diffuse straling, welke in dezelfde orde van grootte vallen als de variabelen van globale straling.

De maximummeetwaarde met betrekking tot globaal c.q. diffuus c.q. direct van UV-A en UV-B is gebaseerd op experimentele UV-metingen bij het KNMI (Kuik, ref. 12, par. 2.2, tabel 2.2).

Op grond van de bovengegeven informatiebronnen komen we tot onderstaande tabel voor het operationeel vereiste meetbereik van stralingscomponenten.

<i>Naam</i>	<i>Ondergrens (W/m²)</i>	<i>Bovengrens(W/m²)</i>
Globale straling	0	2000
Directe straling	0	2000
Diffuse straling	0	2000
UV-A Globaal straling	0	16
UV-A Directe straling	0	16
UV-A Diffuse Straling	0	16
UV-B Globaal straling	0	0,6
UV-B Directe straling	0	0,2
UV-B Diffuse Straling	0	0,6

2.2 Waarneemresolutie in verband met berichtgeving

De vereiste waarneemresolutie mbt gem., max. en min. van de componenten

- globale straling
- directe straling
- diffuse straling

is: 1 W/m^2 .

De vereiste waarneemresolutie mbt gem., max. en min. van de componenten

- globale UV-A straling
- directe UV-A straling
- diffuse UV-A straling

is: $0,01 \text{ W/m}^2$.

De vereiste waarneemresolutie mbt gem., max. en min. van de componenten

- globale UV-B straling
- directe UV-B straling
- diffuse UV-B straling

is: $0,0001 \text{ W/m}^2$.

De WMO spreekt zich alleen uit over resolutie netto straling: $1 \text{ (MJ/m}^2 \text{) /dag}$ (ref.1)

2.3 Operationeel vereiste nauwkeurigheid

WMO- guide no.8, Guide to meteorological instruments and methods of observations , geeft geen richtlijnen met betrekking tot de vereiste nauwkeurigheid in de berichtgeving van de variabelen gemiddelde, maximum en minimum van de operationeel gemeten stralingscomponenten. In deze WMO-guide is uitsluitend een eis geformuleerd voor de netto totale straling. Deze is als volgt:

- $\pm 5 \%$ op dagsombasis igv dagsom $> 8 \text{ MJ/m}^2\text{dag}$
- en $\pm 0.4 \text{ MJ/m}^2\text{dag}$ igv dagsom $\leq 8 \text{ MJ/m}^2\text{dag}$

(ref.1).

Het Baseline Surface Radiation Network (BSRN), dat in 1988 in het kader van het World Climate Research Program (WCRP) is geïnitieerd, hanteert wel richtlijnen voor de nauwkeurigheid en calibratie van stralingsmeetinstrumenten. Zie:

<http://www.cmdl.noaa.gov/star/bsrn.html>

De nauwkeurigheid in de berichtgeving van de operationele stralingscomponenten is gegrond op de nauwkeurigheid van de gebruikte instrumenten (zie par. 3.1).

2.4 Vereiste waarneemfrequentie

Van alle operationeel gemeten stralingscomponenten worden per 12 seconde de volgende waarden in de betreffende SIAM geregistreerd (ref.6):

- SAMPLE: de momentane energieflex (W/m^2) {NB de responsie van de stralingsmeters is enkele seconden; derhalve wordt op het 12"tijdstip de flux gegeven die "enkele" seconden daarvoor was geregistreerd};
- MINUUT: de gemiddelde energieflex (W/m^2) over de afgelopen 1 minuut: deze wordt bepaald door middel van het rekenkundig gemiddelde van de laatste vijf bovengedefinieerde 12" - registraties (dit is inclusief de laatst geregistreerde momentane waarde);
- 10GEM: de gemiddelde energieflex (W/m^2) over de afgelopen 10 minuten: deze wordt bepaald door middel van het rekenkundig gemiddelde van de laatste vijftig bovengedefinieerde 12"-registraties (dit is inclusief de laatst geregistreerde momentane waarde);

- MAX: de maximum energieflex (W/m^2) over de afgelopen 10 minuten: deze is de hoogste waarde van de laatste vijftig bovengedefinieerde 12"-registraties (dit is inclusief de laatst geregistreerde momentane waarde);
- MIN: de minimum energieflex (W/m^2) over de afgelopen 10 minuten: deze is de laagste waarde van de laatste vijftig bovengedefinieerde 12"-registraties (dit is inclusief de laatst geregistreerde momentane waarde);
- STD: de standaarddeviatie in de energieflex (W/m^2) over de afgelopen 10 minuten: deze is de standaarddeviatie in de reeks van de laatste vijftig bovengedefinieerde 12"-registraties (dit is inclusief de laatst geregistreerde momentane waarde).

In de 10-minutendataopslagsystemen wordt per hele 10-minuten de op boven-aangegeven wijze berekende 10-minuut waarde gemiddelde, maximum en minimum over het tijdvak van 5 minuten voor tot 5 minuten na het betreffende tijdstip geregistreerd.

Voorbeeld: de 10' gemiddelde waarde globale straling (W/m^2) op het tijdstip 14u10'00" is het rekenkundig gemiddelde van de momentane waarden globale straling(-sflux) zoals geregistreerd op de tijdstippen 14u05'12", 14u05'24", 14u05'36", 14u05'48" tot en met 14u15'00" (totaal 50 waarden).

Voor alle operationeel gemeten stralingscomponenten worden ieder uur (op tijdstip 10 minuten voor het gehele uur) de volgende uurwaarden berekend:

- het uurgemiddelde, dit is het (rekenkundig) gemiddelde van de laatste 300 bovengedefinieerde 12"-registraties (dit is inclusief de laatst geregistreerde momentane waarde) (W/m^2);
- de uursom, deze is de energiestroom over de afgelopen 1 uur (= 3600 seconde * uurgemiddelde) (J/m^2).

Van de component globale kortgolvlige straling wordt over een waarneemperiode van 1 etmaal (00-24 UTC) de energiestroom over deze periode van 24 uur berekend en opgeslagen (J/m^2). Deze etmaalwaarde is de som van 24 uurwaarden energiestroom.

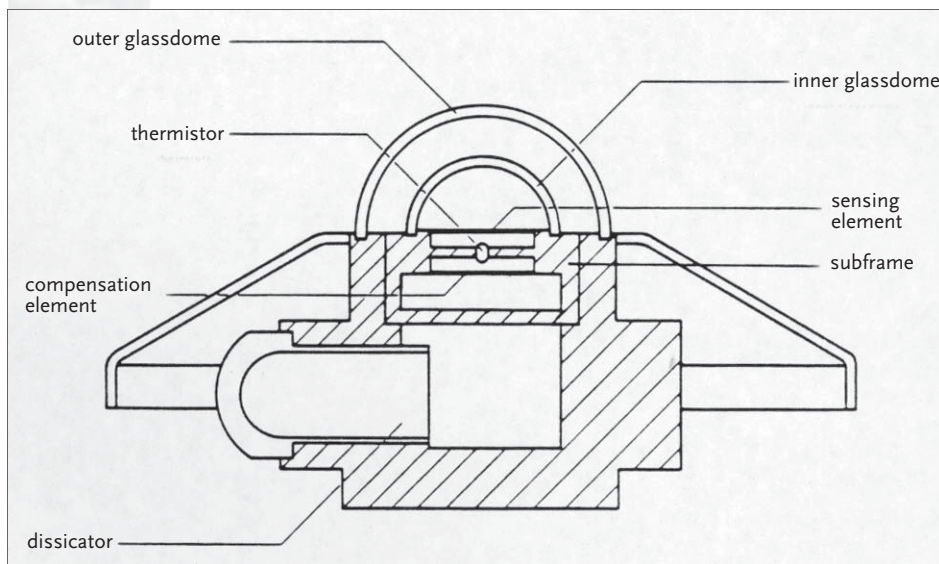
3. Instrumenten en techniek

3.1 Techniek en specificaties

Het KNMI gebruikt instrumenten van de fa. Kipp & Zonen B.V. te Delft voor de metingen van de stralingscomponenten. Gedetailleerde instrumentele specificaties zijn beschreven in de Instruction manuals van fa. Kipp & Zonen (ref. 21, 22 en 23), alsmede in de KNMI Technisch Rapporten TR-200 en TR-235 (ref. 12 en 24). De meest relevante specificaties volgen in onderstaande tabel

Component	Instrument	Instrumentele on- excl. Zero offset (W/m ²) (ref.22)	Meetbereik (W/m ²)	Spectraal venster (nm)
Globale straling	P ranometer CM11	± 19	0 – 4000	305 – 2800
Directe straling	P rheliometer CH1	± 10	0 – 4000	305 – 2800
Diffuse straling	P ranometer CM11	± 7	0 – 4000	305 – 2800
UV-A Globale straling	Radiometer CUVA1	p.m.	0 – 20	358 – 378*
UV-A Directe straling	Radiometer CUVA2	p.m.	0 – 20	358 – 378*
UV-A Diffuse Straling	Radiometer CUVA1	p.m.	0 – 20	358 – 378*
UV-B Globale straling	Radiometer CUVB1	p.m.	0 – 1,2	304 – 308*
UV-B Directe straling	Radiometer CUVB2	p.m.	0 – 1,2	304 – 308*
UV-B Diffuse Straling	Radiometer CUVB1	p.m.	0 – 1,2	304 – 308*

* spectraal venster bestrijkt een groot deel van het spectrale gebied dat behoort bij de betreffende component (zie par 1.2)



figuur 1. Schets pyranometer CM11 (ref.21)



figuur 2. CM11 Soesterberg {foto: Ronald van de Vate}

De CM11 pyranometers die in het KNMI meetnet operationeel worden gebruikt voor metingen globale c.q. diffuse straling worden niet geventileerd en zijn niet verwarmd. Onderzoek heeft uitgewezen dat een en ander geen noemenswaardige bijdrage levert aan verbetering van de meetresultaten. (ref.11).

3.2 Onderhoud- en calibratieprocedures

De meetinstrumenten dienen te voldoen aan de internationale nauwkeurigheidseisen (zie ook par.2.3). Hiertoe is periodiek onderhoud nodig, waarbij de instrumenten door middel van calibratie op meetgebied intervallen worden getoetst en gejusteerd aan de gestelde eisen. Een calibratiecertificaat wordt vastgesteld, waarbij de referentie meetwaarden volledig herleidbaar zijn naar de internationaal erkende standaard van het World Radiation Center WRC in Davos. Zie:

<http://www.pmodwrc.ch/>

en

<http://www.pmodwrc.ch/pmod.php?topic=calibration>

De KNMI afdeling Insa is verantwoordelijk voor de calibratieprocedures die zijn vastgelegd in het (ISO-9001) kwaliteitssysteem van Insa, als onderdeel van de procedure 2.2.3 “Beheersprocedure preventief onderhoud” (ref.4).

4.Procedures

4.1 Procedures bij uitval automatische waarnemingen

Niet van toepassing, aangezien de waarden globale straling c.q. stralingscomponenten in de operationele berichtgeving niet real time worden gebruikt. De procedures bij eventuele uitval zijn derhalve gekoppeld aan de validatie van waarden achteraf. Zie paragraaf 4.2.

4.2 Procedures voor achteraf validatie

4.2.1 Validatie globale straling

De invoer van data globale straling in KIS (Klimatologisch Informatiesysteem) geschiedt op dagbasis en betreft de uurlijkse waarden van het afgelopen etmaal (uurvakken h = 00 t.m. 23 UTC). Alle nieuw in KIS ingevoerde waarden globale straling worden onderworpen aan automatische controleprocedures die in het KIS-systeem zijn geprogrammeerd. Het gaat om de volgende procedures per station (ref.5):

a. Automatische controle van hoge waarden

Indien de uursomwaarde van globale straling in de betreffende maand de hieronder in de tabel aangegeven waarde (eenheid in tabel: J/cm²) overschrijdt is bedoelde uursomwaarde verdacht:

januari:	118	juli:	299
februari:	184	augustus:	276
maart:	225	september:	232
april:	269	oktober:	185
mei:	308	november:	114
juni:	307	december:	89

De gegevens zijn ontleend aan ref. 5, en gebaseerd op klimatologische expertise met betrekking tot extreme waarden globale straling.

b. Automatische controle van nulwaarden

Indien de uursomwaarde van globale straling in de aangegeven uurvakken (in UTC) per in de tabel aangeduide periode een waarde $\neq 0$ J/m² heeft, is deze uursomwaarde verdacht:

21 november - 11 januari:	0..7 en 17..23 UTC
12 januari - 10 februari:	0..7 en 18..23
11 februari - 16 februari:	0..6 en 18..23
17 februari - 13 maart:	0..6 en 19..23
14 maart - 25 maart:	0..5 en 19..23
26 maart - 7 april:	0..5 en 20..23
8 april - 25 april:	0..4 en 20..23
26 april - 3 mei:	0..4 en 21..23
4 mei - 31 mei:	0..3 en 21..23
1 juni - 19 juli:	0..3 en 22..23
20 juli - 6 augustus:	0..3 en 21..23
7 augustus - 20 augustus:	0..4 en 21..23
21 augustus - 8 september:	0..4 en 20..23
9 september - 14 september:	0..5 en 20..23
15 september - 10 oktober:	0..5 en 19..23
11 oktober - 14 oktober:	0..5 en 18..23
15 oktober - 12 november:	0..6 en 18..23
13 november - 20 november:	0..6 en 17..23

Het gaat dus steeds om de controle of de in KIS opgeslagen ongevalideerde waarde buiten daguren een waarde 0 J/m^2 heeft.

De subafdeling Beheer Waarnemingen en Stations BWS van de afdeling Operationele Data OD is verantwoordelijk voor de uiteindelijke validiteit van de waarden van globale straling in KIS.

OD/BWS beoordeelt in dit proces in principe iedere nieuwe waarde van globale straling, daarbij geholpen door de output van de bovenbeschreven testprocedures. Een verdachte waarde wordt zo mogelijk vervangen.

De alternatieve waarde kan worden gebaseerd op onder meer:

- lineaire interpolatie van aangrenzende (correcte) waarden in de tijdreeks;
- ruimtelijke interpolatie op grond van synchrone waarden van 2 of meer nabije stations;
- inschatting van de uurwaarde op grond van de tijdreeksen 10-minuten gegevens.

Vervanging geschiedt handmatig.

4.2.2 Validatie overige stralingscomponenten

De in KIS ingevoerde waarden van de overige stralingscomponenten (betreft alleen station De Bilt) worden niet onderworpen aan automatische controleprocedures. De controle van de data van deze componenten geschiedt op basis van de ervaring en expertise van de betrokken medewerkers van OD/BWS. Hierbij wordt met name gecontroleerd of per component voldaan is aan het "rondreken" criterium: "globaal" = "diffuus" + "direct" x "sinus zonshoogte".

4.3 Procedures voor inspectie

4.3.1 Inspectie metingen van globale straling

Iedere locatie waar operationele metingen van globale straling plaatsvinden, wordt gemiddeld één maal per jaar geïnspecteerd door een stationsinspecteur van OD/BWS. Tevens kan op verzoek van de sector WA/ KNMI of de afdeling WM/KD een extra tussentijdse inspectie plaatsvinden, indien de (validatie van) de data daartoe aanleiding geeft.


Bij voorkeur vindt inspectie plaats:

- in het geval van de plaatsing van de opstelling plus stralingsensor op een nieuw meetstation c.q. verplaatsing van de opstelling plus sensor op een bestaand meetstation;
- (ad hoc) bij vervanging van de sensor.

In deze situaties is de procedureafspraken dat OD/BWS vooraf door Meet-systemen Beheer van de instrumentele afdeling Insa/MSB geïnformeerd wordt door middel van een tijdsplan van de ophanden zijnde plaatsing c.q. vervanging. Binnen 1 week na plaatsing c.q. vervanging ontvangt OD/BWS hieromtrent bericht, inclusief toezending ijkbewijs, zodat een inspectie kan geschieden.

De inspectie van de metingen van globale straling omvat in principe de volgende controles:

- a) Controle op het waterpas zijn van het instrument en zonodig corrigeren.
- b) Controle of de glazen bol van het instrument schoon is; zo nodig schoon maken, c.q. zorg dragen voor vervanging; de beheerder aanspreken over zijn taak in deze.

- 
- c) Controle of de draden rond het instrument ter afstoting van vogels optimaal gespannen zijn; zonodig vervangen.
 - d) Controle of de ijktermijn van het meetinstrument nog niet is verlopen; is dit het geval dan wordt Insa/MSB hierover geïnformeerd, opdat uitwisseling zal plaatsvinden.
 - e) Gemiddeld éénmaal per 2 jaar met behulp van een theodoliet de “horizon” bekijken en schetsen op een zonnebaandiagram.
 - f) Een (visuele) beoordeling of de opstelling en de meetomstandigheden, incl. omgeving aan de gestelde condities voldoen (zie par. 6). Indien dit niet het geval is, rapporteert de inspecteur hieromtrent (ook schriftelijk) aan WM/KD, WA en Insa/MSB. Afhankelijk van de situatie beoordeelt WM/OD c.q. Insa/MSB welke correctieve acties ondernomen dienen te worden om een en ander te herstellen conform de operationele eisen. De acties kunnen variëren van een verzoek aan de beheerder van het betreffende waarneemterrein tot aanpassing van de terreinsituatie tot de start van een procedure om een nieuw waarneemterrein te zoeken.

Van alle inspectiebezoeken wordt een rapport opgesteld door de stationsinspecteur.

4.3.2 Inspectie overige stralingscomponenten

De instrumenten voor de metingen van de overige stralingscomponenten (directe kortgolvlige straling, diffuse kortgolvlige straling, globale UV-A straling, directe UV-A straling, diffuse UV-A straling, globale UV-B straling, directe UV-B straling, diffuse UV-B straling) zijn geplaatst op een platform op het dak van het B-gebouw van het KNMI in De Bilt. Hoogte instrumenten ten opzichte van maaiveld: 22,5 meter. Bij de metingen van diffuse straling en directe straling van alle componenten is de instelling van de meetinstrumenten afhankelijk van de plaats van de zon. Hiertoe zijn de betreffende instrumenten gemonteerd op een zonnevolger (merk Sci-Tec). De inspectie van de betreffende instrumenten, alsmede van de meetopstelling en van de zonnevolger geschiedt thans onder verantwoordelijkheid van de afdeling MI/Insa. Een en ander volgens interne MI/ Insa procedures.

5. Afgeleide grootheden

5.1 Bepaling zonneshijnduur uit 10'-waarden globale straling

Op alle stations waar globale straling wordt gemeten, wordt ook de zonneshijnduur bepaald. De berekening hiervan geschiedt met behulp van een algoritme, het zogeheten "Algoritme Slob" (ref.14 en 15).

De invoerdata in dit algoritme zijn per 10'-tijdvak de 10' waarden maximum, minimum en gemiddelde globale straling, alsmede de berekende 10'- waarde extraterrestische straling (dus zonnestraling aan de rand van de aardatmosfeer), en de bij het 10'-tijdvak behorende gemiddelde zonshoogte.

Het algoritme wordt beschreven in hoofdstuk 8, "Zonneshijnduur", van dit handboek.

5.2 Referentie gewasverdamping volgens Makkink

De waarde van de referentie gewasverdamping wordt berekend met behulp van de zogeheten "formule Makkink". De formule wordt beschreven in paragraaf 5 van hoofdstuk 10, "Verdamping", van dit handboek.

Een van de basis invoergegevens in de formule Makkink is de etmaalsom globale kortgolvlige straling.

6. Opstellingseisen en omgevingscondities

Globale straling

De CM11-sensoren voor de metingen globale straling worden gemonteerd op een vertikaal statief en bevinden zich op een hoogte van 1,5 m boven vlak terrein, in principe kortgemaaid gras. Er zijn in de omgeving van de meetlocatie geen obstakels die 5 graden of meer uitsteken boven de horizon bekeken vanuit de sensor. In de directe omgeving van de meetlocatie, dat wil zeggen binnen een straal van 200 meter vanaf de sensor, bevinden zich geen obstakels van welke aard dan ook die door uitstraling de metingen kunnen beïnvloeden.

Het horizontale vlak van de instrumenten voor de metingen globale straling is waterpas.

De glazen bollen van de instrumenten zijn vrij van stof en rijpaanslag. De beheerder van het meetterrein heeft in principe dagelijks toezicht en draagt zorg voor het schoon zijn van de instrumenten.

Rond het instrument zijn ter afstoting van vogels draden gespannen.

(WMO no.8, ref. 1)

Overige stralingscomponenten

Voor de overige stralingscomponenten (directe kortgolelige straling, diffuse kortgolelige straling, globale UV-A straling, directe UV-A straling, diffuse UV-A straling, globale UV-B straling, directe UV-B straling, diffuse UV-B straling), die alleen in De Bilt operationeel worden gemeten, geldt als basisvoorwaarde dat in het hemelgewelf vanaf 5 graden boven de horizon de lijn tussen de zon en de meetlocatie (dit is het platform op het dak van het B-gebouw van het KNMI) niet wordt onderbroken door een obstakel. De instrumenten voor de metingen zijn gemonteerd op een plateau van de zonnevolger, dat waterpas is. Hoogte plateau: 20,97 meter ten opzichte van maaiveld. De instrumenten voor de metingen directe straling (incl. UV-componenten) zijn door een mechanisme in de zonnevolger te allen tijde op het middelpunt van de zon gericht, dat wil zeggen in de periode dat de zon boven de horizon staat. Het zelfde mechanisme draagt er zorg voor dat de instrumenten voor de metingen diffuse straling (incl. UV-componenten) zich te allen tijde in de schaduw van een bol bevinden die op de volger is gemonteerd.



figuur 3.
Zonnevolger De Bilt
(foto: Willem Hovius)

Referenties

1. Guide to meteorological instruments and methods of observations, WMO, no.8, 6th edition, i.h.b. Hoofdstukken 7 en 8, 1996
2. Statement of operational accuracy requirements of level II data, according to WMO codes SYNOP, SHIP, METAR and SPECI; Annex X van WMO no.807 (CIMO XI)
3. Synoptische en klimatologische waarnemingen en codes, Elementaire Vakopleiding Meteorologie(EVM), module A4/B1, E.Chavanu, KNMI-document, 1996
4. Calibratieprocedures van het KNMI-IJklaboratorium volgens ISO-9001, A. van Londen, Insa/IO, KNMI-document, 1994
5. Basisontwerp Vernieuwing Operationeel Klimatologisch Informatiesysteem VOKIS, KNMI-document, 1992
6. X-SIAM-specificatie, J.R.Bijma, Insa Document ID-30-015, versie 1.8, KNMI-Insa, KNMI-document, 2001
7. Klimatologische gegevens van Nederlandse stations: normalen en extreme waarden van de 15 hoofdstations voor het tijdvak 1961- 1990; KNMI, publicatienummer 150-27, 1992
8. Het Internationale Stelsel van Eenheden (SI), Nederlands Meetinstituut NMI, 1994
9. KNMI-handboek Meteorologische codes, P.IJ.de Vries, november 2001
10. Zonnestraling in Nederland , C.A.Velds, KNMI, De Bilt, 1992
11. Global Radiation Measurements in the Operational KNMI Meteorological Network, Effects of pollution and ventilation, F.Kuik, KNMI Technical Report TR-197, 1997
12. Operationale UV-metingen bij het KNMI, F.Kuik, KNMI Technical Report TR-200, 1997
13. An introduction to Atmospheric Radiation Measurements in Meteorology, climatology and industry, K. van den Bos, E. Hoeksema, Kipp & Zonen, 1997
14. Bepaling van directe en diffuse straling en van zonneshijnduur uit 10-minuutwaarden van de globale straling, W.H.Slob et al, KNMI Technical Report TR-136, 1992
15. Het programma voor berekening van zonneshijnduur uit globale straling, U.Bergman, KNMI Technical Report TR-158, 1993
16. An introduction to solar radiation, M.Iqbal, Academic Press, London, 390 pp, 1983
17. Inwincomputer AWS, Softwareversie 8.1, A.N. Mazee, 26 oktober 1998
18. Variability of the solar "constant", C.Fröhlich, In: Long and short term variability of climate, H.Wanner and U.Siegenthaler (eds), Lecture notes in Earth Sciences 16, Springer-Verlag, Berlin, pp. 6 – 17, 1988
19. XQ1, XDo, XFo-SIAM Straling, J.R.Bijma, Insa Document ID-30-008, versie 2.0, KNMI-Insa, KNMI document, 1994
20. XV0-SIAM UV-straling, J.R.Bijma, Insa Document ID-30-041, versie 1.0, KNMI-Insa, KNMI document, 1998
21. Instruction manual pyranometer CM 11/14, Kipp & Zonen Delft BV, 1992
22. Instruction manual CUVB1/CUVA1 Scientific Narrowband UV Radiometers Global Radiation, Kipp & Zonen Delft BV, 1995
23. Instruction manual pyrliometer CH 1, Kipp & Zonen Delft BV, 1992
24. Uncertainty in pyranometer and pyrliometer measurements at KNMI in De Bilt, J.S. Henzing and W.H. Knap, KNMI Technical Report TR-235, 2001
25. International Standard, Solar energy – Reference solar spectral irradiance at the ground at different receiving conditions – Part 1: Direct normal and hemispherical solar irradiance for air mass 1,5, ISO 9845-1, first edition, 1992

8. Zonneschijnduur

1. Beschrijving

1.1 Benaming van de grootheid

Algemene benaming: zonneschijnduur

Internationale aanduiding: sunshine duration (WMO no.8, ref. 1)

1.2 Definities; omschrijving van de begrippen

De grootheden “zonneschijnduur” en “relatieve zonneschijnduur” zijn gerelateerd aan de directe straling.

De directe straling is de inkomende kortgolvlige straling, die het aardoppervlak rechtstreeks bereikt. De overgedragen energie wordt bij de meting bepaald in een hoeveelheid energie per oppervlakte-eenheid loodrecht op de invalrichting van de zon (W/m^2). Voor een nadere beschrijving zie hoofdstuk 7, Straling, van dit handboek.

- zonneschijn

In overeenstemming met de WMO-definitie is er sprake van zonneschijn als de flux van de directe straling meer dan $120 W/m^2$ is {W: Watt, J: Joule; $W = J/s$ }.

(WMO no.8, ref.1, par. 8.1.1)

- zonneschijnduur

De zonneschijnduur is de totale gesommeerde tijdsduur binnen een beschouwd tijdvak gedurende welk sprake is van zonneschijn volgens bovenstaande definitie.

Beschouwde tijdvakken kunnen zijn:

- een volledig uur;
- het maximale dagdeel op een bepaalde datum waarin theoretisch sprake kan zijn van zonneschijn volgens bovenstaande definitie. Dit is dus de theoretisch maximale zonneschijnduur voor die datum. Formeel wordt met genoemd dagdeel bedoeld de tijdsperiode tussen het moment dat de bovenste rand van de zon boven de horizon komt en het moment dat de zon in zijn geheel weer achter de horizon verdwijnt.

- relatieve zonneschijnduur

De relatieve zonneschijnduur is de procentuele tijdsfractie van het beschouwde tijdvak (uur, maximale dagdeel) waarin sprake is geweest van zonneschijn volgens bovenstaande definitie.

1.3 Eenheden

De in de operationele berichtgeving gebruikte eenheden voor zonneschijnduur zijn (conform SI, ref. 8) als volgt:

- zonneschijnduur: uur;
- relatieve zonneschijnduur: percentage %.

1.4 Elementcodes

- Groep 55SSS (SYNOP 00 UTC)

De symbolische vorm SSS wordt gebruikt om de dagelijkse zonneshijjn, in uren en tienden van uren, te melden. Deze is alleen van toepassing voor station De Bilt (06260) en wordt aldaar alleen in het SYNOP - bericht van 00.00 UTC gemeld. De in dit bericht gerapporteerde zonneshijjduur is gebaseerd op de berekening uit waarden globale straling met behulp van algoritme Slob, HIM versie (zie paragraaf 5). Voorbeeld: 55117 impliceert in totaal 11,7 uur zonneshijjn in de afgelopen periode van 24 uur. (ref.9)

- $S_Q S_Q$

In het Klimatologisch Informatie Systeem KIS wordt de symbolische vorm SQ (code $S_Q S_Q$) gebruikt om de uurlijkse zonneshijjduur, in tienden van uren, te geven. De in KIS opgeslagen waarden zonneshijjduur zijn gebaseerd op de berekening uit waarden globale straling met behulp van algoritme Slob, KD/OD- versie (zie paragraaf 5). Voorbeeld: $S_Q S_Q = 07$ op 13 UTC impliceert 0,7 uur zonneshijjn in totaal in tijdvak 12 - 13 UTC. Deze code is van toepassing op alle stations waar globale straling wordt gemeten (zie hoofdstukken 1 en 7 van dit handboek).

2. Operationele eisen

2.1 Bereik

Het maximale bereik per etmaal voor zonneshijnduur is 18 uur (in Nederland is in het tijdvak 21 UTC – 03 UTC nimmer sprake van zonneshijn). Het bereik voor relatieve zonneshijnduur in tijdvakken van 1 uur c.q. 1 etmaal is: 0 - 100 %. In de praktijk zal 100% zonneshijnduur voor een etmaal zich nooit voordoen, omdat de zon zelfs bij extreme helderheid toch ruim boven de horizon zal moeten staan voordat een stralingsflux van 120 W/m² wordt bewerkstelligd.

2.2 Waarneemresolutie in verband met berichtgeving

De vereiste waarneemresolutie voor zonneshijnduur is 0,1 uur (cf.WMO, ref.1).

De vereiste waarneemresolutie voor relatieve zonneshijnduur (per tijdvak à 1 uur c.q. 1 etmaal) is 1 %.

2.3 Operationeel vereiste nauwkeurigheid

De vereiste nauwkeurigheid in de berichtgeving zonneshijnduur per tijdvak à 1 uur is ±0,05 uur (cf.WMO, ref.1).


De vereiste nauwkeurigheid in de berichtgeving voor relatieve zonneshijnduur (per tijdvak à 1 uur c.q. 1 etmaal) is ±0,5 %.

Genoemde nauwkeurigheden zijn gerelateerd aan metingen directe straling. Deze zijn in principe niet toepasbaar op de door het KNMI gebruikte alternatieve methode waarbij de zonneshijnduur wordt berekend uit 10'-waarden globale straling. De hiermede haalbare nauwkeurigheid voor de (relatieve) zonneshijnduur is onderwerp van verder onderzoek.

2.4 Vereiste waarneemfrequentie

Door het KNMI worden geen operationele waarnemingen zonneshijnduur gedaan met behulp van metingen van de directe straling. Een alternatieve methode is ontwikkeld waarbij de zonneshijnduur wordt bepaald met behulp van een herleiding uit metingen globale straling, in het bijzonder uit de 10-minuten registraties van de waarden gemiddelde, maximum en minimum globale straling, het zogeheten "algoritme Slob" (ref.14). Met het algoritme wordt uit de genoemde informatie de zonneshijnduur per 10'-vak bepaald. De 10'-waarden zijn de basis voor de berekening van de uurwaarden en de etmaalwaarden zonneshijnduur. Een uitgebreide beschrijving van het algoritme is te vinden in par. 5 van dit hoofdstuk.

Tot de operationele invoering van de bovengenoemde methode gebruikte het KNMI een Campbell-Stokes autograaf voor de bepaling van de zonneshijnduur. Dit instrument registreert continu. Op dit moment wordt alleen op waarneemstation De Bilt nog een dergelijke autograaf gebruikt - naast de operationele berekeningsmethode van de zonneshijnduur op dit station. De registratie met de Campbell-Stokes autograaf zal in De Bilt op dagbasis worden voortgezet. De bedoeling is om aldus twee parallelle langjarige reeksen te ontwikkelen. Het KNMI verkrijgt aldus de input om de reeksen van alle



stations met betrekking tot deze variabele te homogeniseren.
Een korte beschrijving van de Campbell-Stokes autograaf, alsmede van de registratiemethode, is te vinden in paragraaf 3 van dit hoofdstuk.

2.5 Vereiste data aanwezigheid per specifieke periode

Per 10'-vak is 100% data aanwezigheid van alle onderhavige globale stralingsvariabelen vereist om met bovengenoemd algoritme de zonneshijnduur van dit tijdvak te bepalen.

3. Instrumenten en techniek

Zonneschijnduur uit globale straling

Door Slob e.a. (ref.14) is een methode ontwikkeld waarbij de zonneschijnduur kan worden bepaald met behulp van metingen globale straling, in het bijzonder de 10-minuten registraties van de waarden gemiddelde, maximum en minimum globale straling. Naar de onderzoeker wordt deze methode het "algoritme Slob" genoemd. Het algoritme berekent per 10'-vak de zonneschijnduur uit genoemde 10'waarden, alsmede uit de actuele zonhoogte en de actuele afstand van de aarde tot de zon (die bepalend is voor de actuele waarde van de extraterrestische straling). De 10'waarden zonneschijnduur vormen de basis voor de berekening van de uurwaarden en de etmaal waarden zonneschijnduur. De methode is in de periode 1991 – 1993 successievelijk op alle stations operationeel ingevoerd. Een uitgebreide beschrijving van het algoritme is te vinden in par. 5 van dit hoofdstuk. De techniek en de methode ter bepaling van de globale straling worden beschreven in Hoofdstuk 7, Straling, van dit handboek.

Zonneschijnduurbepaling met behulp van autograaf (zie foto)

Momenteel wordt alleen op waarneemstation De Bilt nog de Campbell-Stokes autograaf gebruikt uitsluitend ten behoeve van klimaatonderzoek.



figuur:
Campbell-Stokes autograaf.
Niet meer voor
operationeel gebruik
na 1992.
(foto John Kambeel)

De registratie met dit instrument geschiedt met behulp van een bolvormig brandglas en een daarachter in een houder gespannen registratiestrook waarin de zon een spoor kan branden. De lengte van dit spoor is bepalend voor de lengte van de zonneschijnduur. Dagelijks (na zonsondergang) wordt de strook door een functionaris van WA verwijderd en vervangen door een nieuwe strook. Een functionaris van de Klimatologische Dienst KD bepaalt dagelijks met behulp van de informatie op de strook wat de zonneschijnduur in het betreffende etmaal is geweest. Een en ander conform de WMO-richtlijnen met betrekking tot

resolutie en nauwkeurigheid (ref.1, zie ook par.2.2 en 2.3). De bepaling is gegrond op door de KD vastgestelde procedures (ref.16).

Zonneschijnduur uit directe straling

De meest in aanmerking komende methode om zonneschijn en zonneschijnduur te kunnen bepalen is met behulp van metingen directe straling. Deze methode vereist echter kostbare infrastructuur, te weten een zonnevolger met alle onderhouds- en beheersmatige consequenties van dien. De oriëntatie van de richting van de zonnevolger op het middelpunt van de zon, vereist bovendien regelmatige controle c.q. (handmatige) bijstelling indien noodzakelijk. Een dergelijk instrument is dus ongeschikt voor een geheel automatisch station.



Directe straling wordt alleen op waarnemstation De Bilt operationeel gemeten. De registraties directe straling worden niet operationeel gebruikt voor de vaststelling van de zonneshijn(duur) in De Bilt. Dit hangt samen met de wens om op alle stations dezelfde methode voor bepaling van zonneshijnduur te gebruiken, dus inclusief op het station waar daarnaast nog met een in feite exactere methode wordt gemeten. Implementeren van metingen directe straling op alle overige stations is een te kostbare investering. De techniek en de methode directe straling worden beschreven in hoofdstuk 7, Straling, van dit handboek.

Genoemde methodes zijn onderling vergeleken door middel van data analyse: stage onderzoek Jarno Schipper, WM/KD. In 2004 zijn de resultaten van dit onderzoek gepubliceerd (ref. 19).

4.Procedures

4.1 Procedures bij uitval waarnemingen

De bepaling van de zonneshijnduur met behulp van globale straling kan slechts geschieden bij (100%) aanwezigheid van de relevante data globale straling. Indien de onderliggende stralingsgegevens ontbreken, zal ook de corresponderende waarde zonneshijnduur ontbreken. Indien als gevolg hiervan de waarde zonneshijnduur van de afgelopen dag voor station De Bilt in het SYNOP-bericht van 00.00 UTC ontbreekt, vindt in die situatie geen handmatige aanvulling van data plaats.

Voor de overige uit globale straling gegenereerde waarden zonneshijnduur is deze paragraaf niet van toepassing, aangezien de waarden in de operationele berichtgeving niet real time worden gebruikt. De procedures bij eventuele uitval zijn derhalve gekoppeld aan de validatie van waarden achteraf. Zie paragraaf 4.2.

Bij het ontbreken van Campbell Stokes waarnemingen van De Bilt (bij voorbeeld als geen stroken zijn geplaatst) vindt geen aanvulling van die ontbrekende waarnemingen plaats.


4.2 Procedures voor achteraf validatie

De invoer in het Klimatologisch Informatiesysteem KIS van data zonneshijnduur geschiedt op dagbasis en betreft de uurlijkse waarden van het afgelopen etmaal (uurvakken h = 00 t.m. 23). De per dag nieuw in KIS ingevoerde waarden worden direct onderworpen aan ingeprogrammeerde automatische controleprocedures. Dit proces is van toepassing op de data zonneshijnduur herleid uit globale straling. Het gaat om de volgende procedures per station:

- a. De uurwaarde zonneshijnduur (in 0,1 uur) dient ≥ 0 en ≤ 10 te zijn, anders is de uurwaarde verdacht;
- b. Indien de uurwaarde zonneshijnduur (in 0,1 uur) in het afgelopen uur op de aangegeven tijdstippen (UTC) per ondergenoemde periode een waarde $\neq 0$ heeft, is deze uurwaarde verdacht:

21 november - 11 januari:	0..7 en 17..23 UTC
12 januari - 10 februari:	0..7 en 18..23
11 februari - 16 februari:	0..6 en 18..23
17 februari - 13 maart:	0..6 en 19..23
14 maart - 25 maart:	0..5 en 19..23
26 maart - 7 april:	0..5 en 20..23
8 april - 25 april:	0..4 en 20..23
26 april - 3 mei:	0..4 en 21..23
4 mei - 31 mei:	0..3 en 21..23
1 juni - 19 juli:	0..3 en 22..23
20 juli - 6 augustus:	0..3 en 21..23
7 augustus - 20 augustus:	0..4 en 21..23
21 augustus - 8 september:	0..4 en 20..23
9 september - 14 september:	0..5 en 20..23
15 september - 10 oktober:	0..5 en 19..23
11 oktober - 14 oktober:	0..5 en 18..23
15 oktober - 12 november:	0..6 en 18..23
13 november - 20 november:	0..6 en 17..23

(Ref. 5)



De subafdeling Beheer Waarnemingen en Stations BWS van de afdeling Operationele data OD is verantwoordelijk voor de uiteindelijke validiteit van de waarden zonneshijnduur in KIS. BWS/OD beoordeelt daartoe in principe ieder nieuwe waarde, daarbij geholpen door de output van de bovenbeschreven testprocedures. Een extra hulpmiddel vormt de output van de testprocedures met betrekking tot de nieuwe waarden globale straling (zie hoofdstuk 7 van dit handboek). Een verdachte waarde zonneshijnduur wordt zo mogelijk vervangen.

De alternatieve waarde kan worden gebaseerd op onder meer:

- lineaire interpolatie van aangrenzende (correcte) waarden in de tijdreeks;
- ruimtelijke interpolatie op grond van synchrone waarden van 2 of meer nabije stations;
- inschatting van de uurwaarde op grond van de tijdreeksen 10-minuten gegevens.

Vervanging geschiedt handmatig.

Een functionaris van de Klimatologische Dienst KD is verantwoordelijk voor de invoer in KIS van waarneemdata uit de parallelle registratie van de zonneshijnduur in De Bilt met behulp van de Campbell-Stokes autograaf. Daartoe bepaalt hij dagelijks (op werkdagen) met de informatie van het (eventuele) brandspoor op de strook wat de zonneshijnduur in het betreffende etmaal is geweest. Het gaat om een handmatig proces waarbij de expertise van de functionaris tevens garant staat voor de validiteit van de ingevoerde data.

4.3 Procedures voor inspectie

Inspectie zonneshijnduur uit globale straling

Voor de inspectie van de waarnemingen zonneshijnduur is de subafdeling BWS/OD van het KNMI verantwoordelijk. De inspectie is gerelateerd aan de inspectie van de metingen globale straling en de procedure is derhalve identiek. Deze procedure wordt (mutatis mutandis) beschreven in hoofdstuk 7 van dit handboek. Vooral van belang is de controle of er vanuit het gezichtspunt van de globale stralingssensor geen obstakels zijn die 5 graden of meer uitsteken boven de horizon.

Inspectie zonneshijnduur uit Campbell-Stokes waarnemingen in De Bilt

De subafdeling BWS/OD van het KNMI draagt zorg voor een officiële jaarlijkse inspectie van de Campbell-Stokes autograaf in De Bilt. Met name wordt hierbij beoordeeld of de autograaf waterpas staat en of de zonnebaan bekeken vanuit de autograaf (nog) obstakelvrij is. Bevindingen worden vastgelegd in het stationsarchief. Overigens wordt de autograaf dagelijks bekeken door de functionaris die de stroken verwisselt. Eventuele afwijkingen kunnen door deze persoon worden geconstateerd, waarna rapportage aan BWS/OD volgt.

5. Herleiding van parameters

Algoritme bepaling zonneshijnduur uit 10'-waarden globale straling

Op de automatische waarneemstations waar globale straling wordt gemeten, wordt de zonneshijnduur bepaald met behulp van een algoritme dat ontwikkeld is door W.H.Slob (ref.14). In de volksmond wordt het ook wel het "Algoritme Slob" genoemd. Het algoritme is gebaseerd op de volgende 2 uitgangspunten:

1. de mogelijkheid van een vrij nauwkeurige inschatting van de waarde van de (globale) straling op het aardoppervlak op basis van de berekende waarde van de extraterrestrische straling en de intensiteitsafname als gevolg van het doorlopen pad in de atmosfeer (absorptie, verstrooiing); deze afname is afhankelijk van de zonshoogte en de gemiddelde turbiditeitsfactor in de doorlopen atmosfeer (turbiditeit = troebelheid, zie Velds, ref. 10, par.2.3); de geschatte/ berekende waarde van de globale straling op het aardoppervlak kan vergeleken worden met de gemeten waarde globale straling; bij een (evident) verschil kan geconcludeerd worden dat er sprake is (geweest) van bewolking;
2. een evident verschil tussen maximum en minimum van de gemeten globale straling, wat de *tijdelijke* verduistering van de zon, dus *tijdelijke* aanwezigheid van bewolking in het beoogde tijdvak doet veronderstellen.

Slob heeft een ruw algoritme ontwikkeld en dit verfijnd op grond van experimenten bij zoveel mogelijk bewolkingssituaties. In het uiteindelijk door Slob gepubliceerde algoritme (ref. 14) is door de Klimatologische Dienst nog een aantal kleine correcties aangebracht teneinde een betere overeenstemming met de oorspronkelijke Campbell-Stokes metingen te kunnen bewerkstelligen en daarmee de homogeniteit van de langjarige reeks beter te kunnen waarborgen (ref.15).

Het door de KD aangepaste algoritme is met nog een kleine nuancering geïmplementeerd op een PC onder beheer van de KD, later de afdeling OD. Het betreft één centrale PC in het KNMI, waar éénmaal per etmaal alle relevante 10 minuten data globale straling wordt ingezameld ten behoeve van de berekening van de waarden zonneshijnduur. De outputgegevens daarvan worden ingevoerd in KIS. Na de implementatie van HIM (Herinrichting Meetnet) is het oorspronkelijk algoritme Slob (dus zonder de KD-aanpassingen) op alle betrokken stations geïmplementeerd en vindt aldaar een directe lokale berekening van de zonneshijnduur plaats (ref.17).

Benodigde invoerdata per waarneemstation:

- a) Per 10' tijdvak: de 10' waarden gemiddelde, maximum en minimum globale straling: resp. G_{gem} , G_{max} , G_{min} ; indien waarden afwezig zijn wordt dit door middel van een indicatie aangegeven;
- b) De coördinaten van het betreffende station: de lengte- en breedtegraad (graden/minuten) worden hierbij geëxtraheerd uit een tabel.

Berekeningen vooraf:

- a) De berekening van het dagnummer in het jaar uit de beschikbare datum;
- b) De bepaling van het tijdstip op de dag {in UTC} met betrekking tot het beoogde 10'tijdvak waarvoor de zonneshijnduur dient te worden berekend uit globale straling (in principe wordt een tijdstip gekozen halverwege het 10' vak);
- c) De berekening van relevante parameters voor de positie van de zon, in het bijzonder de tijdcorrectie en declinatie, met behulp van het juist berekende dagnummer (ref. 10, par.6);

- d) De berekening van de (sinus van de) zonshoogte uit de lengte-/breedtegraad, en de zjuist berekende waarden voor de declinatie, het tijdstip op de dag en de tijdcorrectie (ref. 10, par. 6);
- e) De berekening van de actuele afstand van de aarde tot de zon, welke afstand gerelateerd is aan het dagnummer in het jaar (ref.10, par.5);
- f) De berekening van de waarde van de extraterrestische straling I_0 (= straling aan de rand van de atmosfeer) met behulp van de formule van Dogniaux, de waarde van de zonneconstante (1367 Watt/m^2) en de actuele afstand van de aarde tot de zon (zie Velds, ref.10, par.5, ihb formule 5.7).
- g) $G_0 = I_0 * \text{sinuszonshoogte}$ (= vector extraterrestische straling loodrecht op het aardoppervlak)

Algoritme Slob zoals gebruikt voor de berekening van zonneshijnduur in KIS:

a) Stap 1

Situatie: $\text{sinuszonshoogte} < 0,05$ (Slob en HIM: $\text{sinuszonshoogte} < 0,1$):
geen zonneshijnwaarde, fractie zonneshijnduur $Fr = 0$;

b) Stap 2

Situatie: $0,05 \leq \text{sinuszonshoogte} < 0,087$:

empirisch bepaalde turbiditeitsfactor $T_L = 3,5$;

Situatie: $0,087 \leq \text{sinuszonshoogte} < 0,3$:

empirisch bepaalde turbiditeitsfactor $T_L = 6$;

[Slob en HIM: Situatie: $0,1 \leq \text{sinuszonshoogte} < 0,3$:

empirisch bepaalde turbiditeitsfactor $T_L = 6$]

$G_{\text{grens}} = G_0 * [0,2 + \{\text{sinuszonshoogte}\}/3 + \exp \{- T_L / (0,9 + 9,4 \text{sinuszonshoogte})\}]$

als $G_{\text{gem}} < G_{\text{grens}}$: fractie zonneshijnduur $Fr = 0$;

als $G_{\text{gem}} \geq G_{\text{grens}}$: fractie zonneshijnduur $Fr = 1$;

dat wil zeggen een waarde zonneshijnduur = 0 minuten (=0%) of = 10 minuten (= 100%) {detailbeschrijving in ref. 14 en 15};

c) Stap 3

Situatie $\text{sinuszonshoogte} \geq 0,3$:

empirisch bepaalde turbiditeitsfactor $T_L = 10$;

$G_{\text{grens}} = G_0 * [0,3 + \exp \{- T_L / (0,9 + 9,4 \text{sinuszonshoogte})\}]$

als $G_{\text{max}} < 0,4 * G_0$: fractie zonneshijnduur $Fr = 0$;

als $G_{\text{max}} \geq 0,4 * G_0$ en $G_{\text{min}} > G_{\text{grens}}$: fractie zonneshijnduur $Fr = 1$;

als $G_{\text{max}} \geq 0,4 * G_0$ en $G_{\text{min}} \leq G_{\text{grens}}$ en $G_{\text{max}} > G_{\text{grens}}$

en $(G_{\text{max}} - G_{\text{min}}) < 0,1 * G_0$: fractie zonneshijnduur $Fr = 1$;

Overige gevallen bij $\text{sinuszonshoogte} \geq 0,3$:

empirisch bepaalde turbiditeitsfactor $T_L = 8$ (Slob en HIM: $T_L = 4$);

als $(1,2 * G_{\text{min}} / G_0) > 0,4$ dan $(1,2 * G_{\text{min}} / G_0) = 0,4$

fractie zonneshijnduur $Fr = \frac{\{(G_{\text{gem}} / G_0) - (1,2 * G_{\text{min}} / G_0)\}}{\exp \{- T_L / (0,9 + 9,4 \text{sinuszonshoogte})\}}$

[opm. als $Fr < 0 \rightarrow Fr = 0$, als $Fr > 1 \rightarrow Fr = 1$] {detailbeschrijving in ref. 14 en 15}.

6. Opstellingseisen en omgevingscondities

Zonneschijnduur uit globale straling

De opstellingseisen en omgevingscondities met betrekking tot waarnemingen zonneschijnduur uit globale straling zijn gerelateerd en identiek aan de dienovereenkomstige eisen en condities van de onderliggende globale stralingsmetingen. Deze worden beschreven in par. 6 van hoofdstuk 7 van dit handboek.

Zonneschijnduur uit Campbell-Stokes waarnemingen in De Bilt

Het horizontale vlak van het Campbell-Stokes instrument dient waterpas te zijn.

De glazen bol van het instrument dient volkomen rond en krasvrij te zijn. De bol moet tevens vrij zijn van stof en rijpaanslag. De beheerder van het meetstation draagt zorg voor het schoon zijn van het instrument.

Het instrument is gemonteerd op een statief op het platform op het dak boven de weerkamer in gebouw A van het KNMI te De Bilt. Hoogte instrument ten opzichte van het maaiveld: ca. 22 meter. Vanuit het gezichtspunt van de meetlocatie zijn er geen obstakels die 5 graden of meer uitsteken boven de horizon.

Literatuur

1. WMO no.8, Guide to meteorological instruments and methods of observations, 6th edition (i.h.b. Hoofdstukken 7 en 8), World Meteorological Organization WMO, 1996
2. Statement of operational accuracy requirements of level II data, according to WMO codes SYNOP, SHIP, METAR and SPECI; Annex X van WMO no.807 (CIMO XI)
3. Synoptische en klimatologische waarnemingen en codes, Elementaire Vakopleiding Meteorologie(EVM), module A4/B1, E.Chavanu, KNMI-document, 1996
4. Calibratieprocedures van het KNMI-IJklaboratorium volgens ISO-9001, A. van Londen, Insa/IO, KNMI-document, 1994
5. Basisontwerp Vernieuwing Operationeel Klimatologisch Informatiesysteem VOKIS, KNMI-document, 1992
6. X-SIAM-specificatie, J.R.Bijma, KNMI-Insa, KNMI-document, Insa Document-nummer ID-30-015, 1997
7. An introduction to solar radiation, M.Iqbal, Academic Press, London (390 pp), 1983
8. Het Internationale Stelsel van Eenheden (SI), Nederlands Meetinstituut NMI, 1994
9. KNMI-handboek meteorologische codes, FM 12 - X SYNOP, synoptisch weerrapport van een vast landstation, versie 5.0, P.IJ.de Vries, 2000
10. Zonnestraling in Nederland, C.A.Velds,1992
11. Global Radiation Measurements in the Operational KNMI Meteorological Network, Effects of pollution and ventilation, F.Kuik, KNMI Technical Report TR-197, 1997
12. Variability of the solar "constant", C.Fröhlich, In: Long and short term variability of climate, H.Wanner and U.Siegenthaler (eds); Lecture notes in Earth Sciences 16, Springer-Verlag, Berlin, pp. 6 – 17, 1988
13. An introduction to Atmospheric Radiation Measurements in Meteorology, climatology and industry, K.van den Bos, E. Hoeksema, Kipp & Zonen, 1997
14. Bepaling van directe en diffuse straling en van zonneshijnduur uit 10-minuutwaarden van de globale straling, W.H.Slob et al, KNMI Technical Report TR-136, 1992
15. Het programma voor berekening van zonneshijnduur uit globale straling, U. Bergman, KNMI Technical Report TR-158, 1993
16. Procedure bepaling zonneshijnduur uit inbranding op registratiestrook in Campbell-Stokes autograaf, intern document Klimatologische Dienst KD, KNMI
17. Algoritmen RIS* tbv HIM, versie 3.0, A5 Zonneshijnduur, KNMI, 2001
18. Insolation, no. 10550/ insolation duration, no. 10560, Vocabulary World Meteorological Organization WMO, IMV
19. Vergelijking van diverse methodes voor de berekening van zonneshijnduur uit globale straling, J.Schipper, KNMI Technical Report TR-258, KNMI, 2004

* RIS: RMI Inwin Systeem (RMI: Rijkswaterstaat Meetnet Infrastructuur)

Inhoud

Hoofdstuk 9. Zicht

1. Beschrijving 9-1
 - 1.1 benaming van de basisgrootheid 9-1
 - 1.2 definities, omschrijving van de begrippen 9-1
 - 1.3 eenheden 9-3
 - 1.4 beschrijving van de variabelen 9-3
 - 1.5 elementcodes 9-4
 2. Operationele eisen 9-9
 - 2.1 bereik 9-9
 - 2.2 waarneemresolutie in verband met de berichtgeving 9-9
 - 2.3 operationeel vereiste meetonzekerheid 9-9
 - 2.4 vereiste waarneemfrequentie (bij gebruik van de SIAM) 9-10
 - 2.5 vereiste data-aanwezigheid per specifieke periode 9-12
 3. Instrumenten en techniek 9-13
 - 3.1 techniek en specificaties 9-13
 - 3.2 onderhoud en kalibratie procedures 9-17
 4. Procedures 9-19
 - 4.1 procedures bij uitval automatische waarnemingen 9-19
 - 4.2 procedures voor achteraf validatie zichtwaarden 9-19
 - 4.3 procedures voor inspectie 9-20
 5. Herleiding parameters 9-21
 - 5.1 herleiding VIS/RVR voor de METAR 9-21
 - 5.2 algoritme algemene herleiding VIS en RVR uit meteorologisch zicht MOR en achtergrondhelderheid AH 9-21
 6. Opstellingseisen en omgevingscondities 9-23
 - 6.1 opstellingseisen en -voorzieningen 9-23
 - 6.2 condities m.b.t. omgeving en meetlocatie/representativiteit waarnemingen 9-23
- Referenties 9-25



9. Zicht

1. Beschrijving

1.1 benaming van de basisgrootheid

Benaming: Zicht.

Internationale aanduiding (conform WMO, zie: WMO-No. 8 - ref. 1): Visibility.

1.2 definities, omschrijving van de begrippen

De WMO definieert het zicht (*visibility*, *meteorological visibility* en *meteorological visibility at night*) volgens: "Grootste afstand waarop een zwart object van voldoende afmetingen bij daglicht kan worden gezien en herkend tegen de hemel vlak boven de horizon gedurende daglicht of zou kunnen worden gezien en herkend gedurende de nacht indien de algemene verlichting zou zijn opgevoerd tot aan het niveau van daglicht."

(zie ref. 22 en 23)

In de meteorologie worden de volgende grootheden met betrekking tot zicht onderscheiden:

- 1) Meteorological Optical Range (MOR), ook wel meteorologisch dagzicht genoemd; dit is een objectieve fysische variabele waarbij de specifieke eigenschappen van het menselijk oog en de achtergrondhelderheid (AH) geen rol spelen.
- 2) Waargenomen Zicht (VIS), het visueel bepaalde zicht, waarbij de mate van duisternis, uitgedrukt in achtergrondhelderheid (AH) en de aanwezigheid van lichtbronnen wel een rol spelen. Uit VIS en AH kan een waarnemer volgens WMO voorschrift (ref. 1, hfd. I.9) de MOR herleiden.
- 3) Naast genoemde variabelen, die betrekking hebben op het al dan niet automatisch waarnemen is er ook de variabele Visual Range (VR). Deze VR heeft echter betrekking op de presentatie van het zicht aan gebruikers en dient gebaseerd te zijn op volledig gedefinieerde specificaties van het menselijk oog, de lichtsterkte van lichtbronnen en de achtergrondhelderheid. Een VR, die uitsluitend in de luchtvaart wordt gebruikt voor de herkenning van start- en landingsbanen is de Runway Visual Range (RVR). Hoe deze variabele wordt berekend staat in ref. 6 en ref. 18.

1.2.1. Meteorological Optical Range (MOR)

Instrumenteel gemeten zicht wordt gerepresenteerd door de *Meteorological Optical Range* (MOR). Deze "range" is de lengte van het pad in de atmosfeer waarbij de luminantie (Cd/m^2) van een evenwijdige lichtbundel, afkomstig van een bron met temperatuur 2700 Kelvin (corresponderend met een golflengte van ca. 550 nm), wordt verminderd tot 5% van de oorspronkelijke waarde. MOR moet worden gezien als een objectieve fysische parameter, die uitsluitend wordt bepaald door de toestand van de atmosfeer en onafhankelijk is van de kwaliteit van het menselijk oog dan wel van enige meteorologische toepassing: het is een pure meetwaarde. Overigens is gekozen voor een waarde van 5% omdat de bijbehorende MOR dan het beste overeenkomt met het door



de mens waargenomen zichtbereik. Dit bereik betreft daarbij het kunnen herkennen van een donker object tegen een lichte achtergrond. (zie ref. 1, par. I.9.1.1)

De MOR is bepalend voor de (gecodeerde) zichtwaarde in de SYNOP-berichtgeving, alsmede voor de met zicht samenhangende weerindicatoren in SYNOP- en KLIM-berichtgeving.

1.2.2. *Visual range (VIS)*

Met de *visual range* wordt bedoeld de mate van doorzichtigheid (ander begrip: mate van transparantie) van de atmosfeer, zoals deze wordt vastgesteld door de menselijke waarnemer. Zichtmerken kunnen een hulpmiddel zijn voor de waarnemer bij het bepalen van het zicht. In de waarneming wordt weergegeven het kleinste horizontale zicht op ooghoogte bij volledig rondom kijken (0 - 360 booggraden).

Opmerking: de WMO geeft geen nadere precisering met betrekking tot "ooghoogte", in principe wordt bedoeld een hoogte van ca. 1.50 m boven het aardoppervlak.

De visual range is in Nederland nog uitsluitend bepalend voor de (gecodeerde) zichtwaarde in de METAR- berichtgeving, hetgeen wordt aangeduid met *visibility for aeronautical purposes*.

a) zichtmerken

Op de meeste meteorologische stations wordt het zicht geschat aan de hand van zogeheten zichtmerken, zoals torens, flatgebouwen, bomen, elektriciteitsmasten, e.a.

In principe dienen er rondom het meteorologisch station en per richting/sector op verschillende afstanden zichtmerken te worden gekozen.

De afstanden tot deze objecten zijn bekend, zodat de waarnemer een goed hulpmiddel in handen heeft voor het bepalen van de juiste zichtwaarde en -code.

Echter, lang niet bij alle stations zal sprake zijn een dergelijk omvangrijk park van zichtmerken. De waarnemer moet dan "roeien met de riemen" die hij/zij heeft en mede op basis van de enkele wel beschikbare objecten en met behulp van zijn /haar meteorologische kennis en ervaring komen tot een adequate zichtwaarneming en -code.


b) dagzicht

Het dagzicht is de afstand, waarop een zwart voorwerp van voldoende grootte tegen een heldere horizon nog net te zien en te herkennen is.

c) nachtzicht

Nachtzicht is de afstand, waarop een zwart voorwerp van voldoende grootte tegen een heldere horizon nog net te zien en te herkennen is/ kan zijn, indien bedoeld object verlicht is/wordt tot "daglichtsterkte". In de praktijk wordt echter meestal gekeken naar lampen van verschillende, onbekende sterktes op een bekende afstand (zie ref.4). WMO-No. 8 (ref. 1) schrijft voor hoe hieruit de MOR kan worden herleid.

Op de aeronautische stations in Nederland wordt de zichtwaarde ten behoeve van de METAR automatisch gegenereerd. Hierbij wordt de beoogde visual range (visibility for aeronautical purposes) waarde door middel van een algoritme herleid uit de gemeten waarde van de MOR en de ter plekke met een



aparte sensor gemeten waarde van de achtergrondhelderheid AH (zie par.5). Hierbij wordt ook rekening gehouden met te herkennen lampen met een lichtsterkte I van 100 Cd (Candela). In ICAO verband is voorgesteld (2005) om ten behoeve van deze visibility for aeronautical purposes een waarde van 1000 Cd te kiezen.

1.2.3. Runway Visual Range (RVR)

De grootheid Runway Visual Range (RVR) is speciaal voor de luchtvaart gedefinieerd. Deze "range" is de afstand waarover de piloot van een vliegtuig op ca. 5 meter boven de centre line van de landingsbaan de baan kan identificeren. Zowel de lichtsterkte van de "centre-line" verlichting als van de "edge" verlichting van de landingsbaan wordt daarbij gebruikt (deze lichtsterkte kan gevarieerd worden, afhankelijk van de RVR waarde zelf; In ICAO verband is echter voorgesteld (2005) om de berekening van RVR te baseren op een '100% setting', onafhankelijk van de werkelijke setting). De intensiteit van de verlichting is in de orde grootte van enkele kCd.

(ICAO, annex III to the convention on International Civil Aviation, ref.15)

Ter plekke van de landingsbaan (touch down zone) wordt de zichtwaarde MOR instrumenteel gemeten alsmede wordt de achtergrondhelderheid AH instrumenteel gemeten. Het gaat hierbij om de helderheid van de achtergrond in noordelijke richting. De gemeten waarden MOR en AH worden middels een algoritme omgezet in een waarde RVR. (voor de uitgebreide nationale regelgeving zie RVR-rapport van J.van der Meulen, ref. 6, voor de internationale regelgeving zie ICAO Doc. 9328-AN/908, ref. 18; zie verder ook par.5)

1.3 eenheden

De gebruikte eenheden zijn conform het internationale stelsel van eenheden (SI) (ref.12)

- Meteorological Optical Range (MOR)
en Visual range (VIS): m (meter) of km (kilometer);
- Runway Visual Range RVR: m (meter);
- Achtergrondhelderheid AH: Cd/m².

(ref. 1, WMO no.8., par.9.1.2.)

1.4 beschrijving van de variabelen

Zoals in par. 1.2 staat beschreven is sprake van een objectieve gemeten variabele MOR en een subjectief vastgestelde VIS. De VIS mag niet worden verwisseld met de VIS of RVR, zoals die aan de gebruiker wordt doorgegeven, tenzij de subjectieve elementen goed gedefinieerd zijn en overeenkomen met de gebruikers eisen. Hiertoe wordt de waargenomen VIS eerst herleid tot MOR en daarna weer vertaald in een door de gebruiker vastgestelde *visual range* (VIS of RVR), dus volgens:

$$\{VIS, AH, I\} \rightarrow MOR \rightarrow VIS(AH', I')$$

Bij de herleiding van de waargenomen VIS tot MOR wordt, indien VIS is

bepaald aan de hand van verlichting, rekening gehouden met de mate van duisternis (bij een heldere dag prevaleert contrastzicht, d.w.z. het zicht bepaald aan de hand van een donker object waargenomen tegen een heldere achtergrond). Bij deze berekening dient ook de lichtsterkte van de waargenomen lamp te worden meegenomen; voor een doorsnee lamp geldt: $I=100$ Cd. De berekeningsmethodiek staat omschreven in ref. 1 (WMO No. 8).

Primaire gemeten variabelen:

- MOR, instrumenteel gemeten uit de atmosferische extinctie σ . Volgens internationale afspraak is MOR gedefinieerd volgens

$$\text{MOR} = -\ln(5\%)/\sigma.$$

Deze grootte MOR wordt ook wel aangeduid met het symbool P .

- VIS, visueel waargenomen aan de hand van herkenbare objecten (meestal gebouwen en lampen, zie par. 1.2.2). Kennis van de achtergrondhelderheid (c.q. mate van duisternis, zie hierna) en lichtsterkte I (indien het waargenomen object een lichtbron is) is noodzakelijk voor verdere verwerking van deze waarneming.
- AH, Achtergrondhelderheid, ook wel aangeduid met het symbool L_b . Het kunnen herkennen van een lichtgevend object hangt in feite af van de (actuele) gevoeligheid van het menselijk oog. Voor de bepaling van een *visual range* is kennis vereist van de drempelwaarde van het oog om belichting van het netvlies te kunnen vaststellen. Dankzij een eenduidige, internationaal vastgestelde relatie tussen achtergrondhelderheid en deze verlichting drempelwaarde, aangeduid met E_T , kan E_T uit de gemeten L_b worden herleid. Dit verband is:

$$E_T = 10^{(-6.666 + 0.05725 l + 0.0004997 l^2)},$$

waarbij $l = 10 \cdot \log(L_b)$.

Herleide variabelen

- *Visual Range* of VIS, herleid uit MOR, AH en I (overdag, bij voldoende helderheid prevaleert contrastzicht boven het waarnemen van lichten en geldt $\text{VIS} = \text{MOR}$, zie par. 1.2.1)
- *Runway Visual Range* (RVR) is een speciale wel gedefinieerde visual range, speciaal ontwikkeld voor de luchtvaartmeteorologie. Zie voor de nationale regelgeving rondom de herleiding, ref. 6 ("Runway Visual Range, Observing and Reporting Practices in the Netherlands", KNMI, 1993) en ref. 18 (ICAO Doc. 9328)

1.5 elementcodes:

FM 12-X SYNOP/ FM 13-X SHIP

De codering met betrekking tot de uurwaarden van het zicht in de SYNOP is beschreven in het KNMI-handboek meteorologische codes (ref.14). Tevens kan gerefereerd worden aan de module A4/B1, Waarnemen, van de Elementaire Vakopleiding Meteorologie (ref.4). Voor de stations is onderstaande tabel van toepassing (cf. WMO-code tabel 4377). Het zicht wordt gepresenteerd als MOR.

VV : Horizontaal zicht aan het aardoppervlak (code vs. km.)

00	< 0,1	20	2,0	40	4,0	60	10	80	30
01	0,1	21	2,1	41	4,1	61	11	81	35
02	0,2	22	2,2	42	4,2	62	12	82	40
03	0,3	23	2,3	43	4,3	63	13	83	45
04	0,4	24	2,4	44	4,4	64	14	84	50
05	0,5	25	2,5	45	4,5	65	15	85	55
06	0,6	26	2,6	46	4,6	66	16	86	60
07	0,7	27	2,7	47	4,7	67	17	87	65
08	0,8	28	2,8	48	4,8	68	18	88	70
09	0,9	29	2,9	49	4,9	69	19	89	>70
10	1,0	30	3,0	50	5,0	70	20		
11	1,1	31	3,1			71	21	alleen voor	
12	1,2	32	3,2	51-55		72	22	SHIP:	
13	1,3	33	3,3	worden niet		73	23	90	<0,05
14	1,4	34	3,4	gebruikt		74	24	91	0,05
15	1,5	35	3,5			75	25	92	0,2
16	1,6	36	3,6	56	6	76	26	93	0,5
17	1,7	37	3,7	57	7	77	27	94	1
18	1,8	38	3,8	58	8	78	28	95	2
19	1,9	39	3,9	59	9	79	29	96	4
								97	10
								98	20
								99	50

Opmerkingen:

1. Indien het horizontale zicht in verschillende richtingen niet gelijk is, wordt met VV het kleinste zicht gemeld.
2. Indien het zicht ligt tussen twee in de tabel gegeven afstanden, wordt het codecijfer voor de kleinste afstand gemeld: b.v. zicht = 350 m, wordt herleid naar zicht à 300 m (=0,3 km), hetgeen wordt gemeld als VV = 03.
3. Bij scheepswaarnemingen wordt voor VV een aangepaste tabel gebruikt, eea ook vermeld in WMO tabel 4377. Deze wordt hier niet beschreven.
4. Er bestaat ook een code $V_s V_s$. Deze beschrijft het zicht naar zee en wordt soms gebruikt door kuststations, echter niet in Nederland.

V_m : Horizontaal zicht aan het aardoppervlak (code vs. meter.)

[wordt alleen gecodeerd indien VV=00, V_m is het zicht in stappen van 10 m afgerond naar beneden]

V_m	zicht (m)
0	0 – 10
1	10 – 20
2	20 – 30
9	90 – 100

In de weercode van de SYNOP kan ook de aanwezigheid van mist, nevel of heigheid worden vermeld (groep 7 van sectier). De vermelding in dit verband is afhankelijk van een aantal criteria, onder andere de zichtwaarde.

NF 01 KLIM

De weerindicator w_{ar} van de KLIM-code (groep 2 van sectie 1) geeft weer of er

in het afgelopen uur sprake is geweest van mist. Is dat het geval dan wordt dit in de code aangegeven met de indicator "1". Ook hierbij speelt een aantal criteria een rol, waaronder de zichtwaarden in het afgelopen uur.

FM 15-IX Ext.METAR/FM 16-IX Ext. SPECI

De codering met betrekking tot het zicht in de METAR is beschreven in het KNMI-Handboek Meteorologische Codes (ref.14). Gerapporteerd wordt het zicht volgens afspraken rond *visibility for aeronautical purposes*. Dit is een visual range, bij voldoende helder weer gebaseerd op MOR en bij duisternis op lichten met een sterkte van 100 Cd. Voor de Nederlandse stations (op luchthavens en heliports) is de volgende tabel met VVVV-code van toepassing:

VVVV : Horizontaal zicht aan het aardoppervlak (code vs.meters)

VVVV	zicht (m)
0000	0 - 50
0050	50 - 100
0100	100 - 150
0150	150 - 200
....	
0750	750 - 800
0800	800 - 900
0900	900 - 1000
....	
4900	4900 - 5000
5000	5000 - 6000
6000	6000 - 7000
...	
9000	9000 - 10000
9999	≥ 10000 (1 codegetal)

Opmerking:

1. Als de zichtwaarde ligt tussen 2 stappen, wordt deze herleid naar de laagste van de twee stappen. Voorbeelden: Zicht is 370 m: gecodeerd wordt 0350, zicht is 5700 m: gecodeerd wordt 5000.
2. Het zicht is een *visual range* gebaseerd op $I = 100$ Cd; verwacht wordt dat volgens een nieuw ICAO voorschrift deze waarde in 2005 zal worden gewijzigd in 1000 Cd.
3. Indien het zicht niet in alle richtingen gelijk is, wordt de richting van waarnemen waarbij het zicht minimaal is in het rapport meegenomen: $D_v = N, NE, E, ES, \text{ etc.}$

Indien $VVVV < 1500$ m, maar in enige richting zichtwaarden > 5000 meter wordt ook een maximaal horizontaal zicht gemeld: code $V_x V_x V_x V_x$ alsmede de richting D_r van waarnemen.

$V_x V_x V_x V_x$	zicht (m)
5000	5000 - 6000
6000	6000 - 7000
....	
9000	9000 - 10000
9999	≥ 10000 (1 codegetal)

Alleen bij baanzichtwaarden ≤ 1500 meter ($RVR \leq 1500$ m ; bij sommige vlieg

velden RVR < 3700 meter, e.e.a. conform afspraken) wordt per landingsbaan de RVR vermeld volgens de code: $\mathbf{RD}_R \mathbf{D}_R / \mathbf{V}_R \mathbf{V}_R \mathbf{V}_R \mathbf{V}_R \mathbf{V}_R \mathbf{i}$

$\mathbf{V}_R \mathbf{V}_R \mathbf{V}_R \mathbf{V}_R$	zicht (m)	
0000	0 - 50	
0050	50 - 100	
0100	100 - 150	
0150	150 - 200	50 t/m 400 m in stappen van 25 m
....		
0750	750 - 800	400 t/m 800 m in stappen van 50 m
....		
0800	800 - 900	
0900	900 - 1000	RVR > 800 m in stappen van 100 m
....		

Opmerking:

- $\mathbf{V}_R \mathbf{V}_R \mathbf{V}_R \mathbf{V}_R$ uitgedrukt in meters (afroning naar beneden).
- $\mathbf{D}_R \mathbf{D}_R$: nummer baan (in het geval meer banen per luchthaven operationeel beschikbaar zijn), voorbeeld: $\mathbf{D}_R \mathbf{D}_R = 27$. In het geval van parallelle banen: toevoeging: L (linker baan bekeken vanuit de aanvliegeroute), C (middelste baan), R (rechter baan); voorbeeld: $\mathbf{D}_R \mathbf{D}_R = 36\mathbf{L}$, $36\mathbf{C}$ en $36\mathbf{R}$
- De indicator \mathbf{i} geeft de tendens van de zichtwaarden op de landingsbaan, met $\mathbf{i} = \mathbf{U}$ (toenemend), \mathbf{D} (afnemend) of \mathbf{N} (geen veranderingen waargenomen)
- Ingeval van significante veranderingen van de RVR op de operationele landingsbaan worden twee RVR waarden gerapporteerd (de uiterste waarden) in de vorm van $\mathbf{RD}_R \mathbf{D}_R / \mathbf{V}_R \mathbf{V}_R \mathbf{V}_R \mathbf{V}_R \mathbf{V}_R \mathbf{V}_R \mathbf{V}_R \mathbf{i}$, waarbij "V" de letterindicator is die beide extreme waarden scheidt.

2. Operationele eisen

In deze paragraaf worden de operationele eisen beschreven met betrekking tot het MOR, visual range en RVR.

2.1 bereik

Het operationeel bereik (range) voor zicht in de berichtgeving (SYNOP, KLIM, METAR) is:

- MOR, *visual range*: [10 m - 100 km]
- RVR: [10 m - 1500 m]
(bij uitzondering tot 3700 m)

De ondergrens impliceert dat tevens gedetecteerd dient te kunnen worden dat het zicht minder dan genoemde waarde is, de bovengrens idem dat het zicht meer dan genoemde waarde is.

Voor achtergronddocumentatie, zie ref. 1, 2 en 15

2.2 waarneemresolutie in verband met de berichtgeving

De SYNOP-berichtgeving (MOR) vereist de volgende resolutie met betrekking tot zicht:

- Zicht tussen 0 en 100 m: resolutie: 10 m.
- Zicht tussen 100 m en 5 km: resolutie: 100 m.
- Zicht tussen 5 en 30 km: resolutie: 1 km.
- Zicht tussen 30 en 70 km: resolutie: 5 km.

De METAR-berichtgeving (visual range) vereist de volgende resolutie met betrekking tot zicht:

- Zicht tussen 0 en 800 m: resolutie: 50 m.
- Zicht tussen 800 m en 5 km: resolutie: 100 m.
- Zicht tussen 5 en 10 km: resolutie: 1 km.

De METAR-berichtgeving voor RVR vereist de volgende resolutie met betrekking tot zicht:

- RVR tussen 50 en 400 m: resolutie: 25 m
- RVR tussen 400 en 800 m: resolutie: 50 m
- RVR boven 800 m: resolutie: 100 m.

Voor documentatie, zie ref. 1, 2, 6 en 15.

2.3 operationeel vereiste meetonzekerheid

Internationale voorschriften betreffende het woordgebruik en begrippen als nauwkeurigheid, meetonzekerheid en hysteresis zijn vastgelegd in de *International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology* ("VIM", uitg. ISO; zie ref.16).

De vereiste meetonzekerheden voor MOR en RVR zijn:

- **MOR:**

MOR ≤ 600 m:	50m
600 m ≤ MOR ≤ 1500 m:	10%
MOR > 1500 m	20%
- **RVR:**

RVR ≤ 400 m:	10 m
400 m < RVR ≤ 800 m	25 m
RVR > 800 m	10%

Voor documentatie, zie ref. 2 en 15.

2.4 vereiste waarneemfrequentie (bij gebruik van de SIAM)

Naast instantane meetwaarden, afkomstig van de zichtmeter, rapporteert de SIAM elke 12 sec. ook gemiddelde waarden. Het betreffen hier waarden gebaseerd op het rekenkundige gemiddelde van de gemeten extinctiecoëfficiënt (σ). De methode voor het berekenen van gemiddelden is conform internationale afspraken (zie ref. 1, par. III.2.5 en ref. 1, chap. I). Omdat de gerapporteerde waarde representatief moet zijn voor de voorafgaande minuut tot de voorafgaande tien minuten (WMO conventie, zie ook ref. 22, par. 3.3.1.4) wordt zowel de 1' als de 10' gemiddelde gegenereerd (zie ook ref. 1, annex I.B). Evenwel, ingeval sprake is van een significante verandering gedurende het afgelopen 10' tijdsvak, dient het gemiddelde uitsluitend betrekking te hebben op de periode na die verandering. In ref. 21, par. 5.1.4.1 wordt aangegeven dat de periode voor het bepalen van zicht tussen de 30" en 1' dient te liggen.

1' gemiddelden meteorologisch zicht MOR

Overeenkomstig de richtlijnen van de WMO (ref. 1 en 20) dient de berichtgeving gebaseerd te zijn op 1', c.q. 10' gemiddelde waarden. Deze gemiddelden betreffen steeds het rekenkundig gemiddelde van de continue waarnemingen van de afgesloten periode, in dit geval een of tien minu(u)t(en). Voor data-acquisitie via digitale systemen, zoals bij de SIAM (code ZM), waarbij hiervoor 5 achtereenvolgende 12" samples worden gebruikt, is deze methode voldoende nauwkeurig.

In 10-minutendataopslagsystemen, zoals in het AWS en bij RIS, worden iedere 10-minuten de meest recente 1-minuut gemiddelde geregistreerd. Voorbeeld: de 1'waarde op het tijdstip 14:10:00 is het gemiddelde van de momentane waarden op de tijdstippen 14:09:12, 14:09:24, 14:09:36, 14:09:48 en 14:10:00".

1' gemiddelde achtergrondhelderheid AH

De actuele waarde van de achtergrondhelderheid (SIAM-code ZA) wordt eveneens elke 12 s berekend, alsmede de gemiddelde waarde over de afgelopen minuut uit het rekenkundig gemiddelde van de laatste vijf 12-seconden registraties (dit is inclusief de laatst geregistreerde 12" waarde).

10' waarden

Ofschoon uurlijkse (SYNOP) en halfuurlijkse (METAR) berichtgeving nog wel gebruikelijk is, is er een duidelijke internationale ontwikkeling gaande in het presenteren van gegevens met een 10 minuten resolutie. Om hieraan te voldoen is de generatie van 10' gemiddelden en de bijbehorende standaard deviaties wenselijk. Overigens zijn deze parameters een goed hulpmiddel voor de validatie van de metingen zelf. Voor het bepalen van de standaard devi-



atie, gemeten met digitale instrumenten, dient de sample frequentie voldoende hoog te zijn. Voor MOR en AH zijn 12" samples goed geschikt.

- **extremen: maxima en minima**

Iedere 12 seconden berekent de SIAM het 10' maximum en het 10' minimum MOR, gemeten op 150 cm hoogte over de afgelopen 10 minuten. Deze extremen zijn gebaseerd op een de hoogste en laagste waarde van de verzameling 12" waardes (N=50) van de laatste 10'.

In 10-minutendataopslagsystemen, zoals in het AWS en bij RIS, wordt per hele 10-minuten het aldus berekende 10' maximum respectievelijk 10' minimum over de afgelopen 10 minuten geregistreerd volgens het schema HH:05, HH:15, HH:25, HH:35, HH:45, HH:55.

Deze methodiek geldt eveneens voor de achtergrondhelderheid.

- **gemiddelde en standaard deviatie**

De 10' gemiddelde en bijbehorende standaard deviatie, gemeten op 150 cm hoogte hebben betrekking op de afgelopen 10 minuten. Dit is het rekenkundig gemiddelde van een voldoende groot aantal metingen van σ , bijvoorbeeld op basis van vijftig 12"-waarden, inbegrepen de momentane σ op het laatste tijdstip van het 10 minuten vak.

In de 10-minutendataopslagsystemen, zoals in het AWS en bij RIS, wordt op ieder heel 10' tijdstip het gemiddelde over de afgelopen 10 minuten periode gepresenteerd volgens het schema HH:05, HH:15, HH:25, HH:35, HH:45, HH:55.

Voorbeeld: de 10' gemiddelde waarde MOR op het tijdstip 13u15'00" is het gemiddelde van 50 momentane waarden: 13:05:12", 13:05:24", 13:05:36" enz. t.m. 13:15:00".

Deze methodiek geldt eveneens voor de achtergrondhelderheid.

uurwaarde (SYNOP)

De MOR op 150 cm hoogte gemiddeld over de afgelopen minuut en bepaald op precies 10 minuten voor het gehele uur (dit is dus de 1 minuut gemiddelde waarde over het tijdvak van 11 minuten voor het gehele uur tot precies 10 minuten voor het gehele uur) wordt gebruikt voor het bepalen van de waarden van MOR (code VV volg de tabel in par. 1.5) in de uurlijkse SYNOP. Deze waarnemingsperiode ligt binnen de periode die (internationaal) gesteld wordt voor het verrichten van de SYNOP waarneming (ca. 15 minuten voor het gehele uur tot uiterlijk 2 minuten voor het gehele uur, zie ook ref. 4).

halfuurwaarde METAR

Het tijdstip voor het METAR-bericht is precies 5 minuten vóór het gehele uur c.q. precies 5 minuten vóór het halve uur. Het zicht in de METAR (code VVVV) wordt afgeleid uit de 10 minuut gemiddelde waarden MOR en AH geregistreerd op 5 minuten vóór het tijdstip METAR-bericht, dat wil zeggen geregistreerd op 10 minuten voor het hele uur c.q. 10 minuten voor het halve uur. Voorbeeld: VVVV op 10.25 UTC is gebaseerd op het rekenkundig gemiddelde van de 50 achtereenvolgende 12" waarden σ resp. AH op de tijdstippen 10:15:12, 10:15:24, 10:15:36, 10:15:48 10:25:00.

Op een aantal stations (i.h.v. de stations op de militaire vliegvelden) wordt het zicht in de METAR afgeleid uit de 1 minuut gemiddelde waarden MOR en AH over de minuut voorafgaande aan het tijdstip van het METAR-bericht. Voorbeeld: VVVV op 10.25 UTC is gebaseerd op het rekenkundig gemiddelde van de 5 achtereenvolgende 12" waarden MOR resp. AH op de tijdstippen 10:24:12, 10:24:24 10:25:00.



2.5 vereiste data-aanwezigheid per specifieke periode

De gemiddelde waarden MOR en AH worden gebaseerd op de beschikbare 12" meetwaarden. Gelet op de aard van de parameter is voor het operationeel vaststellen van een gemiddelde (in het bijzonder t.b.v. SYNOP c.q. METAR) 100% beschikbaarheid van de onderhavige 12" waarden niet vereist. De systemen garanderen een beschikbaarheid van 95%. Dit is ruim voldoende voor de bepaling van een gemiddelde waarde zicht.

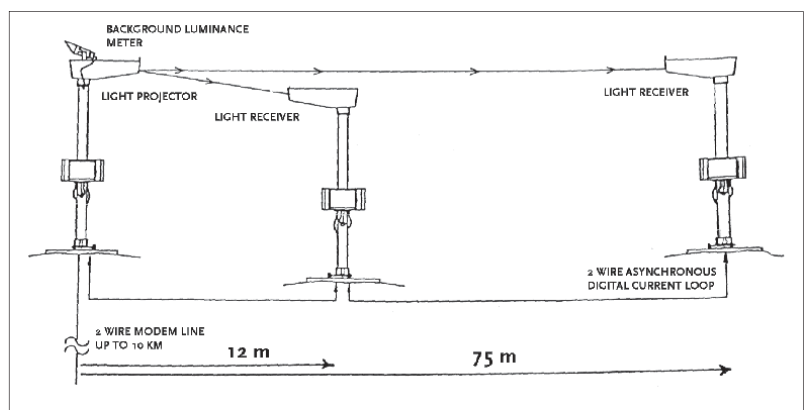
3. Instrumenten en techniek

3.1 techniek en specificaties

Het KNMI gebruikt twee typen instrumenten voor de meting van het Meteorologisch zicht:

- De transmissometer. Dit instrument bepaalt het lichtdoorlatingsvermogen van de atmosfeer (de *transmittivity*), en daaruit de zogeheten transmissiefactor (bereik: 0 tot 100%). Uit deze factor kan de extinctie coëfficiënt σ worden bepaald en de Meteorological Optical Range (MOR) worden afgeleid. Voor de operationele metingen wordt de Mitras transmissometer (fabr. Vaisala) gebruikt. Figuur 1 geeft een beeld van een transmissometer opstelling.

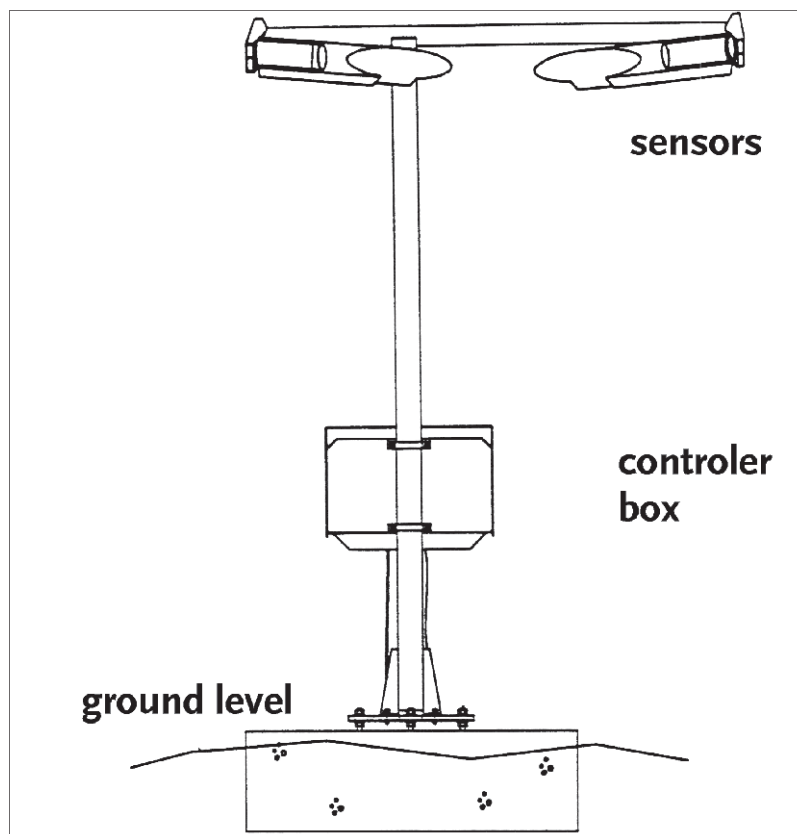
Figuur 1a. Opstelling transmissometer (schematisch, met links de zender met achtergrondhelderheidsmeter en rechts de twee ontvangers). Nota bene: zender en ontvangers staan op gelijke hoogte



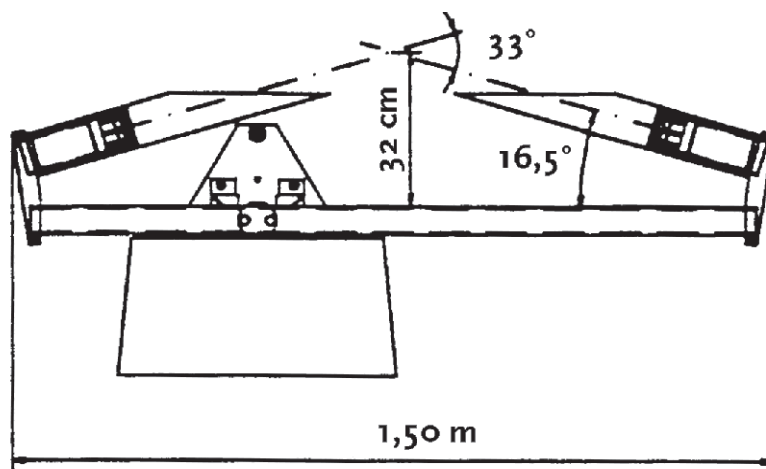
Figuur 1b. Opstelling transmissometer (links twee ontvangers en rechts de zender met daarop de achtergrondhelderheidsmeter), Locatie Schiphol



- De scatterometer. Dit instrument bepaalt de verstrooiingsfactor van het licht in de atmosfeer. Ook uit deze factor kan de extinctie coëfficiënt σ worden bepaald en de Meteorological Optical Range MOR worden afgeleid. Er zijn momenteel 2 typen scatterometer operationeel, te weten de FD12P (fabr. Vaisala) en de HSS 402B (fabr. HSS). Beide instrumenten kunnen als *present weather sensor* fungeren en leveren naast het MOR ook de neerslaginformatie. Op termijn zal HSS 402B worden vervangen door de FD12P. Figuur 2 geeft een beeld van een scatterometer opstelling.



Figuur 2a. Schematisch overzicht scatterometer opstelling (zonder achtergrondhelderheidsmeter)



Figuur 2b. Bovenaanzicht scatterometer. Het verstrooiingsvolume ligt op het kruispunt van de twee optische lijnen, aangeduid met "....."

Transmissometer

De transmissometer-opstelling bestaat uit:

- a) een lichtbron (of zender) die hoogfrequent lichtpulsen (zichtbaar of infrarood) van zeer korte duur en zeer grote constante intensiteit uitzendt. Middels optica (parabolische spiegel, lenzenstelsel en diafragma's) wordt een smalle, evenwijdige lichtbundel geproduceerd, die gericht is op een of meerdere ontvangers, welke zich op enige afstand van de zender bevindt c.q. bevinden (bijv. 15 m, resp. 75 m). De lichtbron is gemonteerd op een mast en bevindt zich tussen de 2,0 m (synoptische stations) tot 2,5 m (aeronautische stations) boven het aardoppervlak. De hoogte verschilt weliswaar per locatie, en is niet overal geheel conform de gestelde norm (1,5 m) voor representatieve metingen, maar aangenomen mag worden dat de op deze hoogten verkregen metingen ruimschoots

binnen de vereiste meetonzekerheid, geldig voor de representatieve metingen, zal liggen.

- b) Een lichtdetector (of ontvanger) die de ontvangen lichtsterkte kan vaststellen, en deze sterkte in relatie kan brengen met de lichtsterkte van de uitgezonden lichtpuls. De detector is eveneens gemonteerd op een mast en bevindt zich op dezelfde hoogte boven het aardoppervlak als de zender.

De meetonzekerheid van een transmissometer is afhankelijk van de gemeten transmissiecoëfficiënt, welke naast σ afhangt van de onderlinge afstand (baseline) tussen zender en ontvanger. Het meetbereik van een transmissometer is daarom beperkt en een meetsysteem bestaat daarom uit een zender met meerdere ontvangers, geplaatst op verschillende afstanden. Om aan het gestelde bereik (10 m tot 1500 m) voor RVR bepalingen te kunnen voldoen wordt op luchthavens gebruik gemaakt van een 12 m en een 75 m baseline. Zie voor een nadere toelichting op de verkregen meetonzekerheid, ref. 19.

De technische specificaties van de transmissometer zijn :

Meetbereik:	10 m - 3 km;
Resolutie:	1 m;
Nauwkeurigheid:	10% - 20%;
Meetfrequentie:	1/12 Hz.

Scatterometer

De scatterometeropstelling bestaat uit één mast van 1,7 tot 2,5 meter hoogte, waarop gemonteerd zijn:

- een lichtbron vergelijkbaar met de lichtbron in de transmissometeropstelling (flitslamp met licht in het IR gebied);
- een ontvanger die de hoeveelheid verstrooid licht meet van een optisch volume bestraald door de lichtbron. Hierbij wordt licht gemeten dat is verstrooid onder een hoek van ca. 33° . De grootte van deze intensiteit in relatie tot de intensiteit van het uitgezonden licht is afhankelijk van grootte en aantal deeltjes in dit verstrooiingsvolume, ook wel "sample volume" genaamd.

Uit de meting en kennis omtrent genoemd verband volgt een schatting van de zogeheten extinctiecoëfficiënt σ waaruit MOR kan worden herleid. Door middel van vergelijkende metingen tussen scatterometer en transmissometer kan deze kennis worden verkregen.

De opstellingshoogte is dezelfde als bij de transmissometer.



Figuur 3. Opstelling scatterometer, inclusief achtergrondhelderheids-meter.
Locatie: Beek

De technische specificaties van de scatterometer FD12 P met betrekking tot zichtmetingen zijn:

Meetbereik:	10 m – 50 km;
Resolutie:	1 m;
Nauwkeurigheid:	10% op 10m – 10 km, 20% op 10 km – 50 km; (30 % bij neerslag)
Meetfrequentie:	1/12 Hz.

De technische specificaties van de scatterometer HSS 402B zijn:

Meetbereik:	10 m – 150 km;
Resolutie:	1 m
Nauwkeurigheid:	< 5% op 10m – 10 km, < 10% op 10 km – 50 km, 50% voor > 50 km
Meetfrequentie:	1/12 Hz.

Sensor achtergrondhelderheid

Op de zender van de transmissometeropstelling, alsmede op de top van de mast van de scatterometeropstelling, is een sensor gemonteerd ten behoeve van de meting van de achtergrondhelderheid (zie figuren 3 en 4).



*Figuur 4. Close-up opstelling scatterometer, inclusief achtergrondhelderheids-meter.
Locatie: De Bilt (De neerslagdetector rechtsboven is ten behoeve van metingen van neerslagsoort)*

De technische specificaties van de Vaisala-sensor achtergrondhelderheid zijn als volgt:

Meetbereik:	10 - 30.000 Cd/m ² ;
Resolutie:	1 Cd/m ² ;
Nauwkeurigheid:	10%;
Hoekbereik:	7 graden (Field of View)
Meetfrequentie:	1/12 Hz.

De technische specificaties van de HSS-sensor achtergrondhelderheid zijn als volgt:

Meetbereik:	9 - 28.000 lux = 3 - 10.000 Cd/m ² ;
Resolutie:	9 lux = 3 Cd/m ² ;
Nauwkeurigheid:	10%;
Hoekbereik:	7 graden (Field of View)
Meetfrequentie:	1/12 Hz.

3.2 onderhoud en kalibratie procedures

De meetinstrumenten dienen te voldoen aan de nauwkeurigheidseisen. Hiertoe is periodiek onderhoud nodig, waarbij instrumenten door middel van kalibratie en justering op door ervaring bepaalde intervallen worden getoetst of aan de gestelde eisen is voldaan. Voor elk interval wordt een kalibratiecertificaat vastgesteld, waarbij de referentie meetwaarden volledig herleidbaar zijn naar een door de RvA/NKO erkende standaard. De instrumentele afdeling van het KNMI INSA is verantwoordelijk voor deze procedures die vastgelegd zijn in de kalibratie procedures van het KNMI-ijklaboratorium. Op zich voldoen deze procedures aan het kwaliteitshandboek van INSA, dat is erkend volgens ISO 9001 (ref. 9). Voor metingen van het zicht "voor luchtvaartmeteorologische toepassingen" en RVR wordt voldaan aan de WMO/ICAO richtlijnen. Aan de Europese norm voor kalibratie en testlaboratoria, EN 45001, of aan enige NKO certificering wordt (nog) niet voldaan.

Bij transmissometers met een bereik tot 1500 m (max. baseline < 100 m) volstaat een meting bij voldoende goed zicht (> 10 km), waarbij met optische filters diverse zichtwaardes kunstmatig kunnen worden gegenereerd. Dit is een primaire kalibratie en vindt plaats te velde. Kalibreren van een scatterometer gaat met behulp van een of meerdere zgn. scatterpla(a)t(en), welke dienen om bepaalde waardes van σ te simuleren. Deze scatterplaten zijn gekalibreerd tegen een referentie transmissometer. Het betreft hier dus een secundaire kalibratie, die te velde plaatsvindt. Omdat het niet goed genoeg mogelijk is om vast te stellen wat de meetonzekerheid is na kalibratie, is het noodzakelijk om scatterometers ook te kalibreren ten opzichte van een (standaard) transmissometer. Op het meetveld van het KNMI in De Bilt is een dergelijke kalibratieopstelling gerealiseerd.

Essentieel voor het goed functioneren van deze optische systemen is de eis dat de optica voldoende schoon is. De onderhoudsprocedure voor metingen op luchtvaartterreinen staat omschreven in ref. 6. Voor de synoptische stations is een speciale regeling met de lokale beheerder van kracht, gebaseerd op regelmatige controle en zonodige reiniging.

4. Procedures

4.1 procedures bij uitval automatische waarnemingen

De richtlijnen bij afwezigheid van data zijn als volgt:

a. *niet-luchtvaartstations:*

Indien de zichtmeting van omringende stations aanwezig is, wordt de reparatie binnen 3 werkdagen uitgevoerd.

Indien de zichtmeting van omringende stations (tenminste 2 binnen 50 km. afstand) onvoldoende aanwezig is, wordt de reparatie aangevraagd binnen 12 uur na het begin van de storing.

b. *luchtvaartstations:*

Indien kan worden teruggevallen op de metingen van een andere zichtsensoren op het vliegveld, wordt de reparatie binnen 12 uur na het begin van de storing uitgevoerd. Indien geen backup zichtmeting ter plaatse beschikbaar is, wordt de reparatie onmiddellijk uitgevoerd.

Aanvulling bij uitval van automatisch gegenereerde gegevens in SYNOP vindt niet plaats. Op bemande stations kunnen eventueel de visuele waarnemingen als alternatief gebruikt worden (alleen voor lokaal gebruik en METAR). Alleen bij uitzonderingssituaties kan hiervan worden afgeweken.

4.2 procedures voor achteraf validatie zichtwaarden

In het Klimatologische Informatiesysteem KIS worden de SYNOP-waarden zicht op dagbasis ingelezen en gearhiveerd. Per station worden per uurwaarde VV c.q. V automatisch de volgende controleprocedure toegepast (zie ref. 7):

VV

- Als $ww \in 42..49$ dan moet $VV \in 00..09$, anders verdacht;
- Als $V \in 0..9$ dan moet $VV = 00$, anders verdacht;
- Als $ww = 74$ of 75 dan moet $VV \in 00..20$, anders verdacht;
- $VV \in 00..50$ of $\in 56..89$, anders verdacht.

Bij automatische waarnemingen van het actuele weer wordt in plaats van ww de $w_a w_a$ code gehanteerd; in dat geval moet het $w_a w_a$ equivalent worden toegepast.

V

- Als $VV = 00$ dan moet $V \in 0..9$ anders verdacht;
- Als $VV \in 01..99$ dan moet V ontbrekend zijn, anders verdacht;
- V moet $\in 0..9$ of ontbrekend zijn, anders verdacht.

De daglijsten met de SYNOP-waarden van alle stations in Nederland worden op de eerstvolgende werkdag uitgeprint. In deze lijsten zijn de verdachte c.q. ontbrekende waarden met behulp van bovenstaande controleprocedures voorzien van een sterretje(*). De afdeling BWS/OD controleert de lijsten en kijkt met name naar de "gesterde" waarden. Deze verdachte c.q. ontbrekende waarden worden zo mogelijk vervangen.

De alternatieve waarde wordt gebaseerd op:

- lineaire interpolatie van aangrenzende (correcte) waarden in de tijdreeks;
- ruimtelijke interpolatie op grond van synchrone waarden van 2 of meer nabije stations;

- inschatting van de uurwaarde op grond van de tijdserie 10-minuten waarden;
- vergelijking met waarden van verwante parameters zoals relatieve vochtigheid, straling, wind, wolken(-hoogte), weercode e.d.

Vervanging geschiedt handmatig.

4.3 procedures voor inspectie

Iedere zichtmeter met een operationele functie in het KNMI-waarnemnet wordt gemiddeld 2 maal per jaar geïnspecteerd door een stationsinspecteur van WM/OD. Voorts wordt inspectie verricht:

- a) in het geval van plaatsing van een sensor op een nieuw meetstation;
- b) indien op een station de sensor verplaatst is.

In beide gevallen wordt WM/OD door INSA/MSB geïnformeerd over de ophanden zijnde plaatsing c.q. verplaatsing. Binnen 1 week na (ver-)plaatsing wordt WM/OD hieromtrent door INSA/MSB bericht, inclusief toezending ijkbewijs, zodat de inspectie kan geschieden.

Op verzoek van de Sector WA c.q. de afdeling Klimatologische Dienst van de Sector WM kan een extra tussentijdse inspectie plaatsvinden, indien bij betrokkenen twijfels bestaan over de validiteit van de data.

De inspectie omvat de volgende controles:

- 1) Een visuele beoordeling of de meetomstandigheden en de omgeving aan de gestelde condities voldoen (zie par.6). Indien dit niet het geval is, kwalificeert de inspecteur de betreffende locatie voor wat betreft de operationele waarnemingen zicht met onmiddellijke ingang als onvoldoende. Afhankelijk van de situatie beoordeelt de stationsinspecteur welke correctieve acties ondernomen dienen te worden om een en ander te herstellen conform de operationele eisen. De acties kunnen variëren van een opdracht c.q. verzoek aan de beheerder van het betreffende waarnemterrein tot aanpassing van de terreinsituatie tot de start van een procedure om een nieuw waarnemterrein te zoeken. Bij defecten aan de meetopstelling wordt een opdracht voor herstel aan de instrumentele afdeling gestuurd.
- 2) Controle of de ijktermijn van het meetinstrument nog niet is verlopen. Is dit het geval dan wordt de instrumentele afdeling hierover geïnformeerd, opdat uitwisseling zal plaatsvinden.

Van alle inspectiebezoeken wordt een rapport opgesteld door de stationsinspecteur. Dit rapport wordt opgeslagen in het Stations Administratie en Informatie Systeem (SAIS). Een notificatie van het beschikbaar komen van het rapport wordt per e-mail verspreid.

5. Herleiding parameters

5.1 herleiding VIS/RVR voor de METAR

De METAR bevat (gecodeerde) zichtwaarden conform de visual range VIS. In het geval deze waarden worden gebaseerd op instrumentele metingen (Meteorological Optical Range MOR, Achtergrondhelderheid AH), dient herleiding vanuit deze instrumentele basisgegevens plaats te vinden.

Hierbij zijn 2 alternatieve processen te onderscheiden.

- De op het betreffende meteorologische station aanwezige waarnemer stelt de METAR - waarden (i.e. visual range VIS) vast aan de hand van de instrumentele gegevens. Deze methode wordt thans nog op de luchthavens (civiel en militair) gehanteerd.
- De instrumentele gegevens worden middels een geprogrammeerd algoritme herleid naar de corresponderende METAR - waarden (i.e. visual range VIS). Deze methode wordt ook op de Nederlandse luchthavens gehanteerd, indien geen waarnemers aanwezig zijn.

De RVR - waarden voor de onderhavige landingsbaan worden automatisch bepaald op basis van de meetgegevens die afkomstig zijn van de bij de betreffende baan/ banen aanwezige instrumenten, te weten de gemeten waarden MOR, alsmede de gemeten waarden achtergrondhelderheid AH. De herleidingmethodieken zijn mutantis mutandis analoog aan de herleidingmethodieken met betrekking tot de METAR -waarden VVVV, als hierboven vermeld.

5.1 algoritme algemene herleiding VIS en RVR uit meteorologisch zicht MOR en achtergrondhelderheid AH

RVR en *visual range* worden bepaald uit MOR, achtergrondhelderheid AH en lichtintensiteit XL van de betreffende verlichting. VIS is gerelateerd aan $I = 100$ Cd, maar kan, indien '*visibility for aeronautical purposes*' moet worden bepaald, ook worden gerelateerd aan $I = 1000$ Cd. Onderstaand algoritme en de bijbehorende code zijn beschreven in ref. 6.

VIS, c.q. RVR = $\max(\text{MOR}, R)$, waarbij voor R geldt

$R = (\text{MOR}/3) \ln\{I(R)/(R^2 E_1(\text{AH}))\}$, met $E_1(\text{AH})$ volgens:

$${}^{10}\log(E_1(\text{AH})) = -6.667 + 0.05725 \cdot (10 \cdot {}^{10}\log(\text{AH})) + 0.0004997 \cdot (10 \cdot {}^{10}\log(\text{AH}))^2$$

In het geval van VIS wordt voor I de waarde 100 gekozen. Voor RVR volgt I uit kalibratie tabellen, waarbij hoekverdeling en instelling een rol spelen. De relatie voor R is niet direct op te lossen vanwege het voorkomen van R in de logaritme zelf. De oplossing moet daarom iteratief geschieden. Hiervoor zal eerst een schatting van R worden gemaakt en zullen successievelijk betere oplossingen worden bepaald.

$$R_{i+1} = R_i \cdot (1 + (2 \cdot \text{MOR}/3 + R_i)^{-1} \cdot (\ln(I/R_i^2/E_1) \cdot \text{MOR}/3 - R_i)), \text{ met } R_0 = \text{MOR}.$$

Verdere details over de herleiding van RVR en VIS staan in ref. 6

6. Opstellingseisen en omgevingscondities

6.1 opstellingseisen en -voorzieningen

De instrumenten worden geplaatst op een hoogte van 1,5 tot 2,5 meter boven voldoende vlak terrein (zie ref. 1, par. 1.9.3.4). Deze referentie spreekt van "ooghoogte", dat wil zeggen bekeken vanuit de positie van een waarnemer (ca. 1,6 m), die op de grond staat (en niet op bijv. een verhoging of uitkijkpost). Voor het bepalen van RVR echter, waarbij een representatieve meting van MOR halverwege tussen 0 en 5 meter (zie ref. 6 en 20) plaatsvindt, is een hoogte van ca. 2,5 gewenst. Op stations, waarbij het zicht voor zowel synoptische als aeronautische berichtgeving (RVR) wordt bepaald is het voor de synoptische meteorologie acceptabel dat gekozen wordt voor een hoogte van 2,5 m. Hierbij wordt aangenomen dat het eventuele verschil in waargenomen σ binnen de vereiste meetonzekerheid ligt.

De prestatie van transmissometers en scatterometers wordt sterk beïnvloed door de mate van vervuiling van de optica. Bij het plaatsen van deze meetinstrumenten moet hiermee terdege rekening gehouden worden. Voorts kunnen de ontvangers van deze instrumenten slecht gaan functioneren indien zij direct of indirect (bijv. via een water oppervlak) worden beschonen door de zon. Bij een scatterometer opstelling geniet oriëntatie naar het noorden daarom de voorkeur. Bij transmissometers moet voldoende aandacht worden besteed aan de optische uitlijning van de componenten. Stabiliteit en ongevoeligheid voor trillingen, uitzetting door verwarming en verzakking van het fundament zijn daarbij zaken die de meting in sterke mate gunstig of ongunstig kunnen beïnvloeden en waarop dus gelet moet worden.


De sensor achtergrondhelderheid (gemonteerd op een van de masten) dient in principe om bovengenoemde reden (lichtinval zon) eveneens op het noorden te worden gericht, onder een hoek vlak boven de horizon, en wel zodanig dat de hemel wordt waargenomen. Voor metingen van RVR echter dient de gekozen (horizontale) richting samen te vallen met de kijkrichting van de piloot. Voor landingsbanen met meerdere RVR-meters is plaatsing van een enkele achtergrondshelderheidsmeter afdoende (A positie). Indien echter landing uit beide richtingen plaatsvindt, zijn uiteraard twee meters gewenst. Indien gekozen wordt voor een horizontale richting, die afwijkt van de noordelijke, kan bij operationeel gebruik dus wellicht hinder worden ondervonden door directe instraling van de zon (bijv. bij zonsopgang en -ondergang) en zullen beschermende maatregelen nodig blijken.

Voor overige condities voor het plaatsen (posities) van zichtmeters ten behoeve van RVR berichtgeving, zie ref. 6.

6.2 condities m.b.t. omgeving en meetlocatie/representativiteit waarnemingen

De directe omgeving dient vrij te zijn van atmosferische verontreiniging, zoals rook, industriële emissies, stof, e.d.. Tevens dient voorkomen te worden dat de meting wordt beïnvloed door enige niet natuurlijke oorzaak (bijv. verwarming van de lucht, waardoor het zicht beter wordt).

In de nabijheid mogen zich geen obstakels als gebouwen en bosschages bevinden. Ook beïnvloeding door wateroppervlaktes in de directe nabijheid moet worden voorkomen. Deze kunnen de (relatieve) vochtigheid en ook het zicht



beïnvloeden. Aldus wordt de representativiteit van de waarneming voor een ruimere omgeving aangetast. Concreet gaat het om de volgende condities:

- er mogen zich geen obstakels binnen een afstand van 100 meter vanaf de locaties van de sensoren (zenders c.q. ontvangers) alsmede vanaf de baan van de lichtbundel bevinden.
- Te land moeten de sensoren (zenders c.q. ontvangers), alsmede de baan van de lichtbundel zich op een afstand van tenminste 5 meter van water oppervlakten bevinden (sloten, kanalen, plassen, rivieren, etc.). Geringere afstand impliceert een atmosfeer in de bundel die (sterk) beïnvloed is door de lokale vochthuishouding boven en nabij bedoelde wateroppervlakten.

Voor nadere adviezen zie ref.1, hfd. I.9

In het kader van het KNMI project *Automatisering Visuele Waarnemingen* is aandacht besteed aan automatisering van waarnemingen van het zicht ten behoeve van de luchtvaart meteorologie. Daartoe heeft de "toetsgroep AVW" een aantal condities toegevoegd, die van belang zijn voor de overgang van waarnemingen door waarnemers naar instrumentele waarnemingen (zie ref.17):

zicht (visual range)

- a) De zichtwaarden in de *take off reports* moeten representatief zijn voor het *take off* en *climb out* gebied en in de landing reports voor het naderings- en landingsgebied.
- b) De zichtwaarden in de reports welke buiten de luchthaven worden verspreid (METAR, SPECI) moeten representatief zijn voor de luchthaven en een gebied rondom de luchthaven. Hierbij moet speciale aandacht gegeven worden aan significante richtingsvariaties.
- c) In de reports welke buiten de luchthaven worden verspreid moet op de volgende wijze zicht- en richtingswaarden in de reports worden vermeld:
 - als het zicht rondom niet dezelfde waarde heeft moet het minste zicht gerapporteerd worden.
 - als het zicht in de verschillende richtingen niet hetzelfde is en het zicht in een of meer richtingen meer dan 50% hoger is dan het laagste zicht, dan moet het laagste zicht en de richting gerapporteerd worden.
 - als het laagste zicht in meer dan een richting wordt waargenomen dan moet de meest operationele significante richting gerapporteerd worden.
 - richtingsvariaties in zicht moeten gerapporteerd worden als het laagste zicht minder is dan 1500 m en het zicht in een andere richting meer dan 5000 m is. Als dergelijke variaties in zicht worden waargenomen in meer dan één richting, moet de meest operationele significante richting gerapporteerd worden.

De richtingafhankelijkheid vergt een bijzondere, complexe infrastructuur waarvoor nog geen goede oplossing voorhanden is.

Referenties

1. WMO,no.8, Guide to meteorological instruments and methods of observations, 6th edition, (hoofdstuk I.1, I.9 en II.2), WMO, Genève, 1996;
2. WMO,no.8, Guide to meteorological instruments and methods of observations, 6th edition, (hoofdstuk I.1, Annex I.B), WMO, Genève, 1996;
3. Meteorologische Instrumenten, Elementaire Vakopleiding Meteorologie (EVM), module A11, J.G. van der Vliet, KNMI, De Bilt, 1993;
4. Synoptische en klimatologische waarnemingen en codes, Elementaire Vakopleiding Meteorologie (EVM), module A4/B1, E.Chavanu, KNMI, De Bilt, 1996;
5. Meteorologische Evaluatie van de Zichtmetingen langs de A16., H.R.A.Wessels, KNMI Technisch Rapport TR-157, KNMI, De Bilt, 1993;
6. Runway Visual Range, Observing and Reporting Practices in the Netherlands, Working group on RVR, J. P. van der Meulen, ed. , KNMI, De Bilt, 1993;
7. Basisontwerp Vernieuwing Operationeel Klimatologisch Informatiesysteem VOKIS, KNMI-document, KNMI, De Bilt 1992;
8. RIS-algoritmen, Versie 3.0, par. A4 Zicht, W.Wauben, KNMI INSA-IO, KNMI, De Bilt, 2001;
9. Kalibratieprocedures van het KNMI-IJklaboratorium volgens ISO-9001, A. van Londen, Insa/IO, KNMI, De Bilt, 1994;
10. World Meteorological Organisation WMO-no.49, Technical Regulations, Volume 1, Appendix A, WMO, Genève, 1988;
11. Fysische Meteorologie, H.R.A.Wessels, KNMI-technisch rapport TR 140, KNMI, De Bilt, 1991;
12. Het Internationale Stelsel van Eenheden (SI), Nederlands Meetinstituut NMI, Delft, 1994;
13. X-SIAM-specificatie, J.R.Bijma, KNMI-Insa, KNMI-document, Insa Document-nummer ID-30-015, KNMI, De Bilt, 1997;
14. KNMI-handboek meteorologische codes, P.IJ. de Vries, KNMI, De Bilt, 1994;
15. International Civil Aviation Organisation ICAO: 'Meteorological Service for International Air Navigation, International Standards and Recommended Practices', annex III to the convention on International Civil Aviation, 13th edition, ICAO, Montreal, 1998;
16. International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology, uitg. ISO, 1993;
17. Rapport van de Werkgroep Toets AVW, Deel 2: Luchtvaartwaarnemingen, Methoden en Tools, Validatie en Verifikatie, L.M.Hafkenscheid, ed., KNMI, De Bilt, 1998;
18. Manual of Runway Visual Range Observing and Reporting Practices, ICAO Doc. 9328-AN/908 (second ed. 2000);
19. Visibility Measuring Instruments: Differences between Scatterometers and Transmissometers, in: Papers presented at the WMO Technical Conference on Instruments and Methods of Observation (TECO-92), Instruments and Observing Methods Report No. 49 (WMO/TD - No. 462, 1992);
20. World Meteorological Organization, Manual on Codes (WMO-No. 306; WMO, Genève, 1995);
21. World Meteorological Organization, Guide on the Global Observing System (WMO-No. 488; WMO, Genève, 1989);
22. World Meteorological Organization, Manual on the Global Observing System (WMO-No. 544; WMO, Genève, 2003);
23. World Meteorological Organization, International Meteorological Vocabulary (WMO-No. 182; WMO, Genève, 1992);

Inhoud

Hoofdstuk 10. Verdamping

- 1. Beschrijving 10 - 1
 - 1.1 Benaming van de grootheid 10 - 1
 - 1.2 Definitie; omschrijving van het begrip 10 - 1
 - 1.3 Eenheden 10 - 1
 - 1.4 Elementcodes 10 - 1
 - 2. Operationele eisen 10 - 3
 - 2.1 Bereik 10 - 3
 - 2.2 Vereiste resolutie in verband met berichtgeving 10 - 3
 - 2.3 Vereiste nauwkeurigheid 10 - 3
 - 2.4 Vereiste waarneemfrequentie 10 - 3
 - 2.5 Vereiste data aanwezigheid per specifieke periode 10 - 3
 - 3. Instrumenten en techniek 10 - 5
 - 4. Procedures 10 - 7
 - 4.1 Procedures bij uitval 10 - 7
 - 4.2 Procedures voor achteraf validatie 10 - 7
 - 4.3 Procedures voor inspectie 10 - 7
 - 5. Herleiding parameters 10 - 9
 - formule referentie gewasverdamping 10 - 9
 - 6. Opstellingseisen en omgevingscondities 10 - 11
- Referenties 10 - 13



10. Verdamping

1. Beschrijving

1.1 Benaming van de grootheid

Verdamping (internationale aanduiding: evaporation, ref. 1: WMO no.8, chapter 10) is een proces waarbij water in vaste of vloeibare vorm overgaat in damp. Het verdampingsproces vindt plaats op het grensvlak van atmosfeer en water c.q. ijs, en wordt direct of indirect gevoed door de energie van de zon. Levende wezens (planten en dieren) spelen een belangrijke rol bij de waterdampafgifte aan de atmosfeer. Op het land is de bijdrage van planten aan de totale verdamping vanwege de relatief grote aanwezigheid zelfs het grootst. Daarom verstaat men in de meteorologie en klimatologie onder verdamping vaak ook wel meer specifiek evapotranspiratie (internationale aanduiding: evapotranspiration, ref. 1: WMO no.8, chapter 10).

Het verdampingsproces op het land is afhankelijk van het beschikbare bodemvocht, de gewassoort en -ontwikkeling, en meteorologische factoren. Deze meteorologische factoren worden samengevat in het begrip referentie gewasverdamping. Door het KNMI wordt referentie gewasverdamping operationeel geregistreerd en opgeslagen. Het gaat hierbij niet om rechtstreekse metingen maar om een berekening van de referentie-gewasverdampingswaarde uit globale straling en temperatuur.

1.2 Definitie, omschrijving van het begrip

De referentie gewasverdamping (internationale aanduiding: reference crop evapotranspiration) is de evapotranspiratie (zie boven) van een uitgebreid uniform, bodembedekkend, van buiten droog grasoppervlak met een hoogte van 8 tot 15 cm. ("standaard" gras), dat voldoende van water is voorzien (ref. 7). Middels het gebruik van o.a. gewasfactoren komt de relatie met de werkelijke verdamping tot stand. De berekening is gebaseerd op een algoritme van enkele meteorologische basisparameters, te weten temperatuur en globale straling op de standaard meethoogte boven het aardoppervlak (zie hoofdstuk 2, Temperatuur, en hoofdstuk 7, Straling, van dit handboek). Door het KNMI wordt de grootheid operationeel bepaald op basis van de 24-uursom globale straling en de etmaalgemiddelde temperatuur van de 24 uurperiode 00 – 24 UTC. (ref. 1, 3, 5, 6)


1.3 Eenheden

De eenheid van de referentie gewasverdamping is conform SI (ref. 4) en betreft de hoeveelheid water per oppervlakte. Eenheid: mm.

1.4 Elementcodes

Symbool voor referentie gewasverdamping: E_r .

Het kleinste tijdvak waarover de referentie gewasverdamping berekend wordt is 24 uur. Deze 24-uursgegevens worden in het Klimatologisch Informatie



Systeem KIS in de volgende codering opgeslagen:
EV24: etmaalsom referentie gewasverdamping.
(ref.2)

2. Operationele eisen

2.1 Bereik

Per definitie heeft verdamping een positieve (meet-)waarde, dus ≥ 0 (mm). Verder zijn er geen beperkingen aan het vereiste bereik, dat wil zeggen dit wordt bij voorbaat toch al beperkt door de begrenzings van de basisparameters (temperatuur en globale straling).

2.2 Vereiste resolutie in verband met berichtgeving

De eis met betrekking tot de resolutie in de berichtgeving van de (afgeleide) waarnemingen referentie gewasverdamping is: 0,1 mm. De berekende 24-uurswaarde wordt derhalve afgerond naar 0,1 mm en met 1 decimaal in de klimatologische database KIS opgeslagen. Deze afgeronde waarde is tevens de getalbasis van waarden over langere tijdvakken (decade, maand, jaar). Die waarden worden na gewone rekenkundige sommatie vastgesteld en ook met 1 decimaal weergegeven in de berichtgeving. De resolutie komt overeen met die van neerslag. Immers, neerslag en verdamping maken beide deel uit van de waterbalans. De resolutie is ook conform de regelgeving van de WMO ten aanzien van verdamping (WMO, no.8, Ch.1, annex 1.B, with respect of amount of pan evaporation, ref.1).

2.3 Vereiste nauwkeurigheid

Omdat referentie gewasverdamping een afgeleide variabele is, wordt de mate van nauwkeurigheid bepaald door de nauwkeurigheidscriteria van de metingen van de basisvariabelen (temperatuur en globale straling) en de modelnauwkeurigheid. Deze zijn echter zodanig scherp dat voor referentie gewasverdamping de nauwkeurigheidsmarges (0,1 mm) ruim worden gehaald.


2.4 Vereiste waarneemfrequentie

Op de 33 KNMI-stations, waar zowel (1,5 meter) temperatuur als globale straling wordt gemeten, wordt per etmaal (= periode 00 - 24 UTC) berekend wat de totale hoeveelheid referentie gewasverdamping in de onderhavige periode van 24 uur is geweest.

2.5 Vereiste data aanwezigheid per specifieke periode

De hoeveelheid referentie gewasverdamping over een etmaalperiode van 24 uur kan pas worden berekend indien de waarde gemiddelde etmaaltemperatuur (00 - 24 UTC), als de waarde van de etmaalsom globale straling (00 - 24 UTC) beschikbaar is. De eis met betrekking tot de data-aanwezigheid van referentie gewasverdamping is aan deze parameters gerelateerd en niet scherper. Kort samengevat:

- a) Teneinde de waarde gemiddelde etmaaltemperatuur (00 - 24 UTC) te kunnen vaststellen is het noodzakelijk dat van de 24 onderhavige uurwaarden temperatuur (SYNOP) er tenminste 20 aanwezig zijn;
- b) Ten



einde de waarde van de etmaalsom globale straling (00 – 24 UTC) te kunnen vaststellen is het noodzakelijk dat alle uurwaarden globale straling binnen daglichtperiode aanwezig zijn.

3. Instrumenten en techniek

De referentie gewasverdamping wordt niet rechtstreeks door het KNMI gemeten. De basisvariabelen voor de berekening zijn temperatuur en globale straling. De beschrijving van de instrumenten en de techniek met betrekking tot de metingen van deze variabelen wordt gegeven in de desbetreffende hoofdstukken (2 en 7) van dit handboek.

4. Procedures

4.1 Procedures bij uitval

De referentie gewasverdamping over een etmaalperiode wordt berekend op basis van de waarde gemiddelde etmaaltemperatuur (00 – 24 UTC) en de waarde van de etmaalsom globale straling (00 – 24 UTC). Zijn beide waarden of is een van deze waarden niet beschikbaar dan kan geen berekening plaatsvinden en is derhalve de waarde referentie gewasverdamping ontbrekend. De procedure bij uitval van referentie gewasverdamping is gerelateerd aan de procedure met betrekking tot de onderhavige parameters. De beschrijving wordt gegeven in de desbetreffende hoofdstukken (2 en 7) van dit handboek.

4.2 Procedures voor achteraf validatie

Er is geen aparte validatieprocedure voor referentie gewasverdamping. Ten grondslag aan de valide verklaring van data referentie gewasverdamping, ligt de validatie procedure met betrekking tot de onderhavige parameters temperatuur en globale straling. De beschrijving wordt gegeven in de desbetreffende hoofdstukken (2 en 7) van dit handboek.

4.3 Procedures voor inspectie

Inspectieprocedures zijn niet van toepassing omdat de referentie gewasverdamping niet rechtstreeks door het KNMI gemeten wordt. Ten grondslag eraan is de inspectieprocedure met betrekking tot de onderhavige parameters temperatuur en globale straling. De beschrijving wordt gegeven in de desbetreffende hoofdstukken (2 en 7) van dit handboek.

5. Herleiding parameters

Formule referentie gewasverdamping

Met onderstaande procedure wordt de 24-uur-waarde referentie gewasverdamping berekend uit de 24-uur-waarde gemiddelde temperatuur en de 24-uur-som globale straling:

- 1) Verzadigde dampspanning t.o.v. water:

$$e_s(T) = 6,107 \cdot 10^{7,5 \cdot \frac{T}{237,3+T}} \text{ [hPa]}$$

- 2) Verzadigde dampspanningsgradiënt t.o.v. water:

$$\delta(T) = \frac{7,5 \cdot 237,3}{(237,3 + T)^2} \cdot \ln(10) \cdot e_s(T) \text{ [hPa/°C]}$$

- 3) Psychrometerconstante:

$$\gamma(T) = 0,646 + 0,0006 \cdot T \text{ [hPa/°C]}$$

- 4) Verdampingswarmte van water:

$$\lambda(T) = 1000 \cdot (2501 - 2,38 \cdot T) \text{ [J/kg]}$$

- 5) Soortelijke massa van water:

$$\rho = 1000 \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

- 6) Dagsom globale straling:

$$Q \text{ [J/m}^2\text{]}$$

- 7) Etmaalgemiddelde luchttemperatuur:

$$T \text{ [°C]}$$

- 8) Verdamping:

$$E_r = \frac{1000 \cdot 0,65 \cdot \delta(T)}{\{\delta(T) + \gamma(T)\} \cdot \rho \cdot \lambda(T)} \cdot Q \text{ [mm/etm]}$$

Verwezen wordt hierbij naar ref. 2, 3, 5 en 6, alsmede naar hoofdstuk 4 van het handboek, in het bijzonder naar par. 5.2 (berekening van de verzadigde dampspanning : $e_s(T)$).

6. Opstellingseisen en omgevingscondities

Een beschrijving van opstellingseisen en omgevingscondities in dit hoofdstuk is niet van toepassing omdat de referentie gewasverdamping niet rechtstreeks door het KNMI gemeten wordt. De basisvariabelen voor de berekening zijn temperatuur en globale straling. De beschrijving van de opstellingseisen en omgevingscondities met betrekking tot de metingen van deze variabelen wordt gegeven in de desbetreffende hoofdstukken (2 en 7) van dit handboek.

Referenties

1. WMO, no.8, Guide to meteorological instruments and methods of observations, 6th edition (i.h.b. Hoofdstukken 1 en 10) , WMO, 1996
2. Basisontwerp Vernieuwing Operationeel Klimatologisch Informatiesysteem VOKIS, KNMI-document, 1992
3. Neerslag en verdamping, T.A.Buishand en C.A.Velds, KNMI,1980
4. Het Internationale Stelsel van Eenheden (SI), Nederlands Meetinstituut NMI, Delft, 1994
5. Evaporation and weather, TNO Committee on Hydrological Research, proceedings and information Technical Meeting 44, ed. J.C.Hooghart, TNO-CHO, 's Gravenhage , 1987
6. Van Penman naar Makkink, een nieuwe berekeningswijze voor de klimatologische verdampingsgetallen, TNO-CHO & KNMI, 1988
7. Verklarende hydrologische woordenlijst, TNO Commissie voor Hydrologisch Onderzoek (TNO-CHO), 's Gravenhage, 1986

Inhoud

Hoofdstuk 11. Bodemtemperatuur

1. Beschrijving 11-1
 - 1.1 benaming van de grootheid 11-1
 - 1.2 definitie; omschrijving van het begrip 11-1
 - 1.3 eenheden 11-1
 - 1.4 beschrijving van de variabelen 11-2
 - 1.5 elementcode: 11-2
2. Operationele eisen 11-5
 - 2.1 bereik 11-5
 - 2.2 waarneemresolutie in verband met de berichtgeving 11-5
 - 2.3 operationeel vereiste nauwkeurigheid 11-5
 - 2.4 vereiste waarneemfrequentie 11-5
 - 2.5 vereiste data-aanwezigheid per specifieke periode 11-6
3. Instrumenten en techniek 11-9
 - 3.1 techniek en specificaties 11-9
 - 3.2 onderhoud- en calibratieprocedures 11-9
4. Procedures 11-11
 - 4.1 procedures bij uitval automatische waarnemingen 11-11
 - 4.2 procedures voor achteraf validatie temperatuurwaarden 11-11
 - 4.3 procedures voor inspectie 11-12
5. Opstellingseisen en omgevingscondities 11-15

Referenties 11-17

Bijlage: Procedure for placing soil temperature-sensors 11-19



11. Bodemtemperatuur

1. beschrijving

1.1 benaming van de grootheid

Algemene benaming: Bodemtemperatuur
Internationale aanduiding (conform WMO, zie: WMO-No.8.- ref. 1): Soiltemperature

1.2 definitie; omschrijving van het begrip

De temperatuur in de bovenste laag van de aardkorst, kortweg aangeduid met bodem, volgt in hoge mate de ontwikkeling in het weer. Door beschijning van de zon warmt de toplaag van de bodem op. Deze warmte wordt vervolgens verdeeld over latente en voelbare warmte in de atmosfeer en deels doorgeleid naar diepere bodemlagen. Hierdoor ontstaat tot een zekere diepte een temperatuurprofiel, dat door metingen zichtbaar wordt gemaakt.

De bodemtemperatuur volgt in hoge mate de dagelijkse en jaarlijkse gang van de zon. Middels toepassing van de wet van behoud van energie en een lineaire vergelijking, die de samenhang tussen het warmtetransport en de temperatuurgradiënt beschrijft, is de bodemtemperatuur goed te modelleren. In dit model wordt het verloop van de temperatuur op een zekere diepte beschreven door een sinusoidale golf, waarvan de amplitude met de diepte afneemt. Tot een diepte van 20 cm beneden maaiveld is de dagelijkse gang van de zon nog goed te herkennen. Op grotere diepte is de amplitude van de dagelijkse gang dusdanig gedempt, dat deze nauwelijks nog in het dagelijks temperatuurverloop zichtbaar is. De jaarlijkse gang is dan nog wel zichtbaar. Onder 1 m beneden het maaiveld blijkt ook de jaarlijkse gang snel uit te dempen, waardoor op deze diepte een vrijwel constante temperatuur heerst. In onze streken bedraagt deze ca. 10 °C. Op grotere diepten, meer op geologische schaal doet de invloed van de temperatuur van de aardkern zich gelden. Bestudering van dit fenomeen wordt met de metingen van het KNMI niet beoogd.

De thermische eigenschappen van de bodem worden beschreven met een warmtegeleidingscoëfficiënt en de warmtecapaciteit. Beide parameters zijn sterk afhankelijk van de bodemsamenstelling en -structuur. Vooral het vochtgehalte is van grote invloed. Omdat vochtgehalte nogal sterk afhangt van neerslag en verdamping, zijn deze parameters door het jaar genomen verre van constant.

Voor de fysische definitie van temperatuur wordt verwezen naar Hoofdstuk 2 van dit Handboek.

1.3 eenheden

De blijvend erkende eenheid volgens SI (ref. 6) voor de thermodynamische temperatuur, dus ook voor bodemtemperatuur, is kelvin (K). Deze eenheid is gedefinieerd als de fractie $1/273,16$ van de temperatuur van het tripel punt van water.

Naast de thermodynamische temperatuur T (ook wel kelvintemperatuur genoemd) kent men de grootheid celsiustemperatuur t . De erkende SI-erkende eenheid daarvoor is de graad Celsius, symbool °C, die gelijk is aan de kelvin. De celsiustemperatuur is gedefinieerd als het verschil $t = T - T_0$, waarbij $T_0 = 273,15$ K (zie ref. 6 en ref. 1, par. 2.1.2.). Dus:

$$t/^{\circ}\text{C} = T/\text{K} - 273,15.$$

De eenheid “graden fahrenheit”, symbool °F, waarvoor geldt

$$t_f/^{\circ}\text{F} = 9/5 t/^{\circ}\text{C} + 32,$$

wordt in Nederland niet als erkende grootheid gebruikt.

De huidige internationale temperatuurschaal waarvoor T en t sinds 1990 zijn gedefinieerd, is volgens ITS-90 (zie ref. 11 en ref. 1, hfd. 2, Annex). Uitgedrukt in de celsiustemperatuur geldt voor deze schaal:

$$\begin{aligned} t_{90} [\text{vriespunt H}_2\text{O}] &= 0,000 \text{ }^{\circ}\text{C} \\ t_{90} [\text{tripelpunt H}_2\text{O}] &= 0,010 \text{ }^{\circ}\text{C} \\ t_{90} [\text{kookpunt H}_2\text{O}] &= 99,974 \text{ }^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

1.4 beschrijving van de variabelen

In de meteorologie en de klimatologie wordt de grootheid temperatuur weergegeven in graden Celsius. In deze vakgebieden wordt de grootheid temperatuur, enigszins verwarrend met de thermodynamische aanduiding (ad par. 1.3), aangeduid met de hoofdletter “T”.

- *bodemtemperatuur*

De bodemtemperatuur is de actuele temperatuur die wordt bepaald op een zekere diepte beneden het aardoppervlak. In het KNMI betreft het 5 dieptes, te weten resp. 5, 10, 20, 50 en 100 cm beneden het aardoppervlak.

- *maximum bodemtemperatuur*

De maximum bodemtemperatuur is de hoogst bereikte bodemtemperatuur (op resp. 5 en 10 cm diepte) in een tijdvak van 6 uur (voor het KNMI geldt: tussen 00 en 06, 06 en 12, 12 en 18, 18 en 00 UTC).

- *minimum bodemtemperatuur*

De minimum bodemtemperatuur is de laagst bereikte bodemtemperatuur (op resp. 5 en 10 cm diepte) in een tijdvak van 6 uur (voor het KNMI geldt: tussen 00 en 06, 06 en 12, 12 en 18, 18 en 00 UTC).

1.5 elementcode:

- 1.5.1 KLIM

In de nationale code KLIM, is sectie 3 bestemd voor de bodemtemperaturen:

$$\begin{array}{lll} 333 & 1s_n T_{b1} T_{b1} T_{b1} & 2s_n T_{b2} T_{b2} T_{b2} & 3s_n T_{b3} T_{b3} T_{b3} \\ & 4s_n T_{b4} T_{b4} T_{b4} & 5s_n T_{b5} T_{b5} T_{b5} & 6s_n T_{xb1} T_{xb1} T_{xb1} \\ & 7s_n T_{nb1} T_{nb1} T_{nb1} & 8s_n T_{xb2} T_{xb2} T_{xb2} & 9s_n T_{nb2} T_{nb2} T_{nb2} \end{array}$$

Deze wordt opgenomen in de rapporten van 00, 06, 12 en 18 uur UTC, uitsluitend door stations die uitgerust zijn met sensoren voor het bepalen van de bodemtemperatuur.

(KNMI-Handboek Meteorologische Codes, P.Y.de Vries, Nationale Codes, KLIM, versie 5.0, januari 2000, ref.7)

Toelichting:

- 333: kencijfer groep van sectie 3;
- s_n : het teken van de waarde, cf. code tabel 3845:
 - . 0 positieve temperatuur of 0° Celsius,
 - . negatieve temperatuur.

$T_{b1} T_{b1} T_{b1}$ - Bodemtemperatuur op 5 cm diepte, in 0,1 C;
 $T_{b2} T_{b2} T_{b2}$ - Bodemtemperatuur op 10 cm diepte, in 0,1 C;
 $T_{b3} T_{b3} T_{b3}$ - Bodemtemperatuur op 20 cm diepte, in 0,1 C;
 $T_{b4} T_{b4} T_{b4}$ - Bodemtemperatuur op 50 cm diepte, in 0,1 C;
 $T_{b5} T_{b5} T_{b5}$ - Bodemtemperatuur op 100 cm diepte, in 0,1 C;

$T_{xb1} T_{xb1} T_{xb1}$ - Maximumtemperatuur in het voorafgaande 6-uurvak, in 0,1 C op 5 cm diepte;

$T_{nb1} T_{nb1} T_{nb1}$ - Minimumtemperatuur in het voorafgaande 6-uurvak, in 0,1 C op 5 cm diepte;

$T_{xb2} T_{xb2} T_{xb2}$ - Maximumtemperatuur in het voorafgaande 6-uurvak, in 0,1 C op 10 cm diepte;

$T_{nb2} T_{nb2} T_{nb2}$ - Minimumtemperatuur in het voorafgaande 6-uurvak, in 0,1 C op 10 cm diepte.

Weergave in tienden van graden Celsius:

Voorbeeld: $1s_n T_{b1} T_{b1} T_{b1} = 10126$: bodemtemperatuur op 5 cm diepte = + 12,6 ° Celsius

- 1.5.2 KIS

De in de KLIM gegenereerde waarden bodemtemperatuur worden opgeslagen in het Klimatologisch Informatiesysteem KIS. De codering in dit systeem is als volgt:

Bodemtemperatuur TB:

- TB1 : 5 cm diepte, iedere 6 uur: 00, 06, 12, 18 UTC
- TB2 : 10 cm diepte, iedere 6 uur: 00, 06, 12, 18 UTC
- TB3 : 20 cm diepte, iedere 6 uur: 00, 06, 12, 18 UTC
- TB4 : 50 cm diepte, iedere 6 uur: 00, 06, 12, 18 UTC
- TB5 : 100 cm diepte, iedere 6 uur: 00, 06, 12, 18 UTC

Maximum bodemtemperatuur TXB:

- TXB1 : 5 cm diepte, afgelopen 6 uur op 00, 06, 12, 18 UTC
- TXB2 : 10 cm diepte, afgelopen 6 uur op 00, 06, 12, 18 UTC

Minimum bodemtemperatuur TNB:

- TNB1 : 5 cm diepte, afgelopen 6 uur op 00, 06, 12, 18 UTC
- TNB2 : 10 cm diepte, afgelopen 6 uur op 00, 06, 12, 18 UTC

- 1.5.3 SIAM

In de SIAM-specificatie is de code voor bodemtemperaturen als volgt: T1..T6. T1..T6 zijn de temperaturen gemeten op toenemende dieptes in de bodem.

In de praktijk: T1 : 5 cm.
T2 : 10 cm
T3 : 20 cm
T4 : 50 cm
T5 : 100 cm.
T6 : nvt

Eenheid: 0,1° Celsius

Presentatie: drie digits met teken, voorbeeld: -067 -> 6,7 ° Celsius onder nul.



Per 12 seconden het volgende bericht:

SAMPLE: 12"seconden momentane waarde;

MINUUT: minuut-gemiddelde: rekenkundig gemiddelde van de laatste 5 samples;

MAX: maximum minuut-gemiddelde van de laatste 10 minuten;

MIN: minimum minuut-gemiddelde van de laatste 10 minuten;

10GEM: rekenkundig gemiddelde van de laatste 10 minuten;

STD: standaarddeviatie van de laatste 10 minuten;

(X-SIAM-specificatie, J.R.Bijma, KNMI-Insa, KNMI-document, Insa Documentnummer ID-30-015, Versie 1.8, september 2001, ref.4)

2. Operationele eisen

In deze paragraaf worden de operationele eisen beschreven met betrekking tot het waarnemen van de bodemtemperatuur op 5, 10, 20, 50 en 100 cm beneden het aardoppervlak.

2.1 bereik

Het operationeel gebied (range) voor de waarnemingen van de bodemtemperatuur: $-30 - +40^{\circ}\text{C}$. Dit betreft zowel de puntwaarden als de extremen.

2.2 waarneemresolutie in verband met de berichtgeving

In de klimatologie is de vereiste resolutie in de waarnemingen van de bodemtemperatuur : $0,1^{\circ}\text{C}$.

2.3 operationeel vereiste nauwkeurigheid

De vereiste nauwkeurigheid (onzekerheid) in de gemeten bodemtemperatuur: $0,1^{\circ}\text{C}$.

2.4 vereiste waarneemfrequentie

1' gemiddelden

Overeenkomstig de richtlijnen van de WMO (ref. 1 en 12) dient de berichtgeving gebaseerd te zijn op 1' gemiddelde waarden. Deze gemiddelden betreffen steeds het rekenkundig gemiddelde van de continue waarnemingen van de afgesloten periode, in dit geval een minuut. In data-acquisitie via digitale systemen, zoals bij de SIAM, worden hierbij 5 achtereenvolgende 12" momentane temperatuurwaarden (samples) gebruikt. Deze methode is voldoende nauwkeurig.

In 10-minutendataopslagsystemen worden iedere 10-minuten de meest recente 1-minuut gemiddelden geregistreerd.

Voorbeeld: de 1'waarde op het tijdstip 14u10'00" is het gemiddelde van de momentane waarden op de tijdstippen 14u09'12", 14u09'24", 14u09'36", 14u09'48" en 14u10'00".

10' waarden

Er is een duidelijke internationale ontwikkeling gaande in het presenteren van gegevens met een 10 minuten resolutie. Om hieraan te voldoen is de generatie van 10'gemiddelden, maxima, minima en standaard deviaties wenselijk.

Overigens zijn deze parameters een goed hulpmiddel voor de validatie van de metingen zelf. Voor het bepalen van de standaard deviatie, gemeten met digitale instrumenten, dient de sample frequentie voldoende hoog te zijn. Voor bodemtemperaturen zijn 12" samples goed geschikt.

• extremen: maxima en minima

Iedere 12 seconden berekent een SIAM de 10' maximum en de 10' minimum bodemtemperatuur, gemeten op 5, 10, 20, 50 en 100 cm diepte over de afgelopen 10 minuten. Deze extremen zijn gebaseerd op een gemiddelde uit een

tijdvak van 1 minuut, dus bij een waarneeminterval van 12 s gebaseerd op 5 aaneengesloten waarnemingen. Voor een 10' extreem is dus sprake van een van de 50 overlappende 1' gemiddelden (zie ook ref. 4).

In 10-minutendataopslagsystemen wordt per hele 10-minuten en per variabele bodemtemperatuur het aldus berekende 10' maximum respectievelijk 10' minimum over de afgelopen 10 minuten geregistreerd volgens het schema HH:05, HH:15, HH:25, HH:35, HH:45, HH:55.

- *gemiddelde en standaard deviatie*

De 10'gemiddelde bodemtemperatuur en bijbehorende standaard deviatie, gemeten op 5, 10, 20, 50 en 100 cm diepte heeft betrekking op de afgelopen 10 minuten. Dit is het rekenkundig gemiddelde van een voldoende groot aantal metingen, bijvoorbeeld op basis van vijftig 12"-waarden, inbegrepen de momentane bodemtemperatuur op het laatste tijdstip van het 10 minuten vak. In de 10-minutendataopslagsystemen wordt op ieder heel 10' tijdstip per bodemtemperatuurvariabele het gemiddelde over de afgelopen 10 minuten periode gepresenteerd volgens het schema HH:05, HH:15, HH:25, HH:35, HH:45, HH:55.

Voorbeeld: de 10' gemiddelde waarde bodemtemperatuur op 50 cm diepte op het tijdstip 13u15'00" is het gemiddelde van 50 momentane waarden bodemtemperatuur op 50 cm diepte:

13u05'12", 13u05'24", 13u05'36" enz. t.m. 13u15'00".

6-uurwaarde bodemtemperatuur

De 6-urbodemtemperatuurwaarde op resp. 5, 10, 20, 50 en 100 cm diepte is een gemiddelde over de afgelopen 1-minuut en bepaald op precies 10 minuten voor het gehele uur 00, 06, 12, 18, UTC (dit is dus de 1 minuut gemiddelde waarde over het tijdvak van 11 minuten voor het gehele uur tot precies 10 minuten voor het gehele uur 00 c.q. 06 c.q. 12 c.q. 18 UTC). Deze waarneemtijd ligt binnen de periode die (internationaal) gesteld wordt voor het verrichten van de SYNOP - waarnemingen (ca. 15 minuten voor het gehele uur tot uiterlijk 2 minuten voor het gehele uur, zie ook ref. 3).

6-uurmaximum- c.q. 6-uurminimumwaarde bodemtemperatuur


Op 00, 06, 12, 18 UTC wordt een vermelding vereist van de maximum- c.q. de minimumwaarde van de bodemtemperatuur op 5 cm c.q. 10 cm diepte over de afgelopen periode van 6 uur. De maximumwaarde is de hoogste waarde van alle 10' maxima in dat tijdvak en de minimumwaarde is de laagste waarde van alle 10' minima.

Voorbeeld: TXB2 op 18UTC: de hoogste 10' maximumwaarde van de bodemtemperatuur op 10 cm diepte over de periode 11u50' tot 17u50' (periode duurt 6 uur, dus de hoogste van 36 10' maxima, dit is feitelijk de hoogst geregistreerde 1' gemiddelde bodemtemperatuurwaarde uit $6 \times 60 \times 5 = 1800$ 12"registraties over de periode 11u55'12" tot en met 17u55'00").

2.5 vereiste data-aanwezigheid per specifieke periode

1'gemiddelde en 10'gemiddelde

Een gemiddelde over 1 minuut of 10 minuten kan worden gebaseerd op beschikbare 12" momentane waarden. Gelet op de aard van de parameter is voor het (operationeel) vaststellen van een 1-minuut- c.q. 10-minutengemiddelde een 100% beschikbaarheid van de 12" meetwaardes in het onderhavige tijdvak niet vereist. In het SIAM-bericht dient wel het percentage afwezige 12" momentane waarden te worden vermeld (ref.4). Indien in het geheel geen



meetwaarde beschikbaar is wordt een 1'gemiddelde c.q. 10'gemiddelde waarde als "ontbrekend" beschouwd.

10' maximum en 10' minimum

Voor het vaststellen van een 10-minuten maximum, c.q. minimum is het niet noodzakelijk dat alle 50 onderhavige en overlappende 1'gemiddelden beschikbaar zijn. Wel is vereist dat in deze 10 minutenperiode tenminste voor alle aansluitende 1-minuutvakken een 1'gemiddelde is vastgesteld. Is niet aan deze eis voldaan, dan wordt bedoeld 10-minuten maximum, c.q. minimum als "ontbrekend" beschouwd.

maximum, minimum over periode van 6 uur

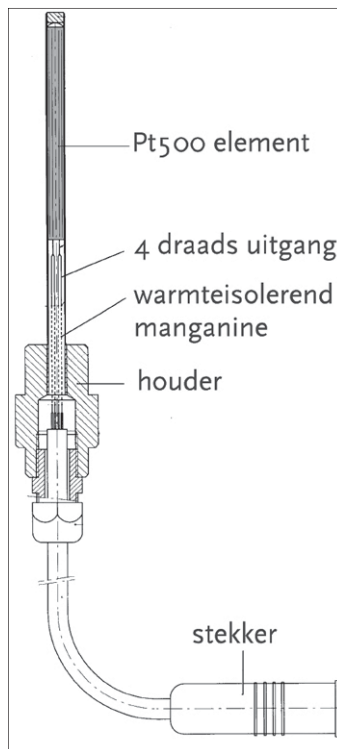
Voor het vaststellen van een maximum- c.q. minimumbodemtemperatuur op 5 cm c.q. 10 cm diepte over een 6 uur periode gelden de volgende criteria. In de 6 uur periode mogen van de 36 aaneensluitende 10-minutenblokken niet meer dan 5 (niet aaneengesloten) blokken ontbreken cq mag niet meer dan één blok van 2 aaneengesloten 10-minutenblokken ontbrekend zijn.

3. Instrumenten en techniek

3.1 techniek en specificaties

Als standaardsensor voor de operationele metingen bodemtemperatuur op 5, 10, 20, 50, 100 cm beneden het aardoppervlak (maaiveld) gebruikt het KNMI een platina weerstandselement (Pt 500), welke geplaatst is in een zgn. temperatuurmeetnaald van roestvrij staal. Zie figuur in paragraaf 3 van hoofdstuk 2 van dit handboek. Gekozen is voor een vrij hoge weerstandswaarde (500 Ω), omdat hierbij de warmtedissipatie gering genoeg is om met de vereiste onzekerheid van $<0,1$ °C te kunnen meten (met een 100 Ω Pt element is dit namelijk niet mogelijk). Om ervoor te zorgen dat de warmtelekken van sensor naar meetdraden minimaal zijn, is de sensor en de verdere bedrading aan elkaar gesloten via manganine bedrading, dat warmte slecht geleid. Gebruik wordt gemaakt van vier-draads meettechniek omdat daarmee significante systematische fouten worden voorkomen, die kunnen optreden door thermo-elektrische effecten, stroomlekken of te grote extra weerstand door lange bedrading. De kwaliteit van het Pt500 element is zodanig dat binnen het gestelde bereik de systematische fout, uitgedrukt in °C, niet groter is dan 0,05 °C. De temperatuurmeetnaald wordt horizontaal in de bodem geplaatst op de beoogde diepte beneden het oppervlak (zie par.6). Het instrument (sensor, incl. SIAM-transmitter) is kalibreerbaar met een onzekerheid van $<0,1$ °C. De resolutie (van de SIAM output) is in 0,1 °C. Het bereik is -30 tot $+40$ °C. (Referentie: ref.4). De instrumentele specificaties zijn dus conform de gestelde operationele eisen.

Figuur: meetnaald met sensor



3.2 onderhoud- en calibratieprocedures

De meetinstrumenten dienen te voldoen aan de nauwkeurigheidseisen. Hiertoe is periodiek onderhoud nodig, waarbij instrumenten door middel van calibratie en justering op door ervaring bepaalde intervallen worden getoetst of aan de gestelde eisen is voldaan. Voor elk interval wordt een calibratiecertificaat vastgesteld, waarbij de referentie meetwaarden volledig herleidbaar zijn naar een door de RvA/NKO erkende standaard. De instrumentele afdeling Insa van het KNMI is verantwoordelijk voor deze procedures die vastgelegd zijn in de calibratie procedures van het KNMI-ijklaboratorium. De ijktermijn van de gebruikte Pt500-sensoren is 38 maanden. Op zich voldoen deze procedures aan het kwaliteits-handboek van INSA, dat is erkend volgens

aan ISO 9001 (ref. 5). Aan de Europese norm voor calibratie en testlaboratoria, EN 45001, of aan enige NKO certificering wordt (nog) niet voldaan.

4. Procedures

4.1 procedures bij uitval automatische waarnemingen

Niet van toepassing, aangezien de waarden bodemtemperatuur niet real time worden gebruikt (bijvoorbeeld in SYNOP of METAR). De procedures bij eventuele uitval zijn derhalve gekoppeld aan de validatie van de waarden achteraf. Zie paragraaf 4.2.

4.2 procedures voor achteraf validatie temperatuurwaarden

Het Klimatologische Informatiesysteem (KIS) van het KNMI bevat van 4 waarnemstations (De Bilt, Nieuw Beerta, Wilhelminadorp en Marknesse) de volgende gearchiveerde waarnemingen bodemtemperatuur:

Bodemtemperatuur TB:

Iedere 6 uur (00, 06, 12, 18 UTC) de waarde bodemtemperatuur:

- TB1 : 5 cm diepte
- TB2 : 10 cm diepte
- TB3 : 20 cm diepte
- TB4 : 50 cm diepte
- TB5 : 100 cm diepte

Maximum bodemtemperatuur TXB:

Iedere 6 uur (00, 06, 12, 18 UTC) het maximum van de afgelopen 6 uur:

- TXB1 : 5 cm diepte
- TXB2 : 10 cm diepte

Minimum bodemtemperatuur TNB:

Iedere 6 uur (00, 06, 12, 18 UTC) het minimum van de afgelopen 6 uur:

- TNB1 : 5 cm diepte
- TNB2 : 10 cm diepte

De datainvoer in het KIS-systeem geschiedt op dagbasis en betreft de 6-uurlijkse waarden van het afgelopen etmaal (uurvakken HH = 00 t/m. 23). De nieuw in KIS ingevoerde bodemtemperatuurwaarden op 5, resp. 10 cm. diepte worden onderworpen aan automatische controleprocedures die in het systeem ingeprogrammeerd zijn. Het gaat om de volgende procedures per station:

• TB1

Indien niet aan onderstaande eisen is voldaan, dan wordt de waarneming als 'verdacht' aangemerkt:

- a) $TB1 \geq TNB1$
- b) $TB1 \leq TXB1$
- c) $TB1 > TXB1 - 5,0 \text{ }^\circ\text{C}$
- d) $TB1 < TNB1 + 5,0 \text{ }^\circ\text{C}$

• TNB1

Indien niet aan onderstaande eis is voldaan, dan wordt de waarneming als 'verdacht' aangemerkt:

$$TNB1 \leq TB1(h-6)$$

- TXB_1

Indien niet aan onderstaande eisen is voldaan, dan wordt de waarneming als 'verdacht' aangemerkt::

- a) $TXB_1 < TNB_1 + 5,0 \text{ } ^\circ\text{C}$
- b) $TXB_1 \geq TNB_1$
- c) $TXB_1 \geq TB_1$ (h-6)

- TB_2

Indien niet aan onderstaande eisen is voldaan, dan wordt de waarneming als 'verdacht' aangemerkt:

- e) $TB_2 \geq TNB_2$
- f) $TB_2 \leq TXB_2$
- g) $TB_2 > TXB_2 - 5,0 \text{ } ^\circ\text{C}$
- h) $TB_2 < TNB_2 + 5,0 \text{ } ^\circ\text{C}$

- TNB_2

Indien niet aan onderstaande eis is voldaan, dan wordt de waarneming als 'verdacht' aangemerkt:

$TNB_2 \leq TB_2$ (h-6)

- TXB_2

Indien niet aan onderstaande eisen is voldaan, dan wordt de waarneming als 'verdacht' aangemerkt::

- a) $TXB_2 < TNB_2 + 5,0 \text{ } ^\circ\text{C}$
- b) $TXB_2 \geq TNB_2$
- c) $TXB_2 \geq TB_2$ (h-6)

Voor bodemtemperatuur waarden op dieptes van 20 cm en meer, bestaan geen automatische controleprocedures. De betreffende data wordt "met het oog" gecontroleerd. Zie voor verdere details, ref. 9.

De subafdeling Beheer Waarnemingen en Stations BWS van de afdeling Operationele Data OD van het KNMI is verantwoordelijk voor de uiteindelijke validiteit van de temperatuurwaarden in KIS. BWS beoordeelt daartoe in principe ieder nieuwe waarde, daarbij geholpen door de output van de bovenbeschreven testprocedures. Een ontbrekende waarde, of een waarde die overduidelijk onjuist is, wordt zo mogelijk vervangen op grond van vastgelegde procedures. De alternatieve waarde kan worden gebaseerd op onder meer:

- lineaire interpolatie van aangrenzende (correcte) waarden in de tijdreeks;
- inschatting van de uurwaarde op grond van de tijdreeksen 10-minuten gegevens.

Vervanging geschiedt handmatig, waarbij iedere situatie individueel wordt beoordeeld. In het kwaliteitsgetal wordt aangegeven dat het niet (meer) de oorspronkelijke meetwaarde betreft maar een "met de hand" gecorrigeerde waarde.

4.3 procedures voor inspectie

De inspectie van de waarnemingen bodemtemperatuur is onderdeel van de reguliere inspectie van het gehele meetveld. Dit betekent dat iedere locatie waar operationele metingen bodemtemperatuur worden gedaan, in principe 2 maal per jaar wordt geïnspecteerd door een stationsinspecteur van OD/BWS. De inspectie richt zich hierbij voornamelijk op de meetomstandigheden boven de grond, zoals de eventuele aanwezigheid van obstakels in de buurt of de



hoogte van het gras. Een extra tussentijdse inspectie kan plaatsvinden, indien de validatie van data daartoe aanleiding geeft.

Verder vindt inspectie plaats in het geval van installatie van sensoren op een meetstation waar bodemtemperatuurmetingen gestart worden c.q. op een locatie waar reeds operationele bodemtemperatuurmetingen plaatsvinden en de sensoren vervangen worden. In beide gevallen is OD/BWS van tevoren door Meetsystemen Beheer van de Instrumentele afdeling (Insa/MSB) geïnformeerd over de ophanden zijnde plaatsing c.q. vervanging. Binnen 1 week na plaatsing c.q. vervanging wordt OD/BWS omtrent deze acties door Insa/MSB bericht, inclusief toezending ijkbewijzen, zodat een inspectie kan geschieden. De installatieprocedure wordt beschreven in de bijlage bij dit hoofdstuk.

Een reguliere inspectie omvat de volgende controles:

- a) Vooraf controle aan de hand van een lijst of de ijktermijn van de meetinstrumenten nog niet is verlopen. Is dit wel het geval dan wordt Insa/MSB hierover geïnformeerd, opdat vervanging zal plaatsvinden.
- b) Een visuele beoordeling of de meetomstandigheden en de omgeving aan de gestelde condities voldoen (zie par.6). Hierover wordt gerapporteerd in het inspectierapport. Afhankelijk van de situatie beoordeelt de stationsinspecteur welke correctieve acties ondernomen dienen te worden om een en ander te herstellen conform de operationele eisen. De acties kunnen variëren van een opdracht, c.q. verzoek aan de beheerder van het betreffende waarneemterrein tot aanpassing van de terreinsituatie tot de start van een procedure om een nieuw waarneemterrein te zoeken. Bij defecten wordt een opdracht voor herstel aan Insa/MSB gestuurd.

Van alle inspectiebezoeken wordt een rapport opgesteld door de stationsinspecteur. Dit rapport wordt KNMI breed verspreid, volgens een lijst van betrokken medewerkers, opgesteld door Hoofd OD/BWS.

5. Opstellingseisen en omgevingscondities

De directe omgeving van de plaats waarin de bodemthermometers zijn gemonteerd ($\geq 75 \text{ m}^2$) dient vlak en onbedekt te zijn en (maximaal) begroeid te zijn met kort gras ($\leq 10 \text{ cm.}$). De bodem is ongeroerde grond. Er mogen geen obstakels in de buurt staan, die (langdurige) beschaduwing zouden kunnen veroorzaken. De bodemmaterie en -structuur is representatief voor het betreffende gebied. In de stationsbeschrijving zal een indicatie gegeven moeten worden van de eventuele bodembedekking (begroeiing) en de bodemeigenschappen: soort, vochtigheid e.d.

De installatie en de plaatsing van sensoren c.q. de vervanging van sensoren geschieden volgens de instructies zoals beschreven in het protocol voor de plaatsing van sensoren bodemtemperatuurmetingen, zie bijlage bij dit hoofdstuk: "Procedure for placing soil temperature-sensors" en de betreffende referentie (ref.8). Een belangrijk hulpmiddel bij de installatie is de zogeheten "prikmal", die beschreven wordt in de bijlage. Tijdens de installatie dient er een bodemkundige opname plaats te vinden, welke onderdeel is van het installatieverslag.

Indien de bodem van het meetterrein bedekt is met sneeuw, is dit geen bezwaar, mits er sprake is van representativiteit (dwz dat er sprake is van grootschalige sneeuwbedekking).

Literatuur: WMO - No. 8, par.2.2.1.4. en 2.2.2.3 (ref.1)

Referenties

1. Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observations, WMO-No. 8, Sixth edition, World Meteorological Organization WMO, Genève, 1996
2. Meteorologische Instrumenten, Elementaire Vakopleiding Meteorologie (EVM), module A11, J.G. van der Vliet, KNMI document, 1993
3. Synoptische en klimatologische waarnemingen en codes, Elementaire Vakopleiding Meteorologie (EVM), module A4/B1, E.Chavanu, KNMI document, 1996
4. X-SIAM-specificatie, J.R.Bijma, KNMI-Insa, KNMI-document, Insa Documentnummer ID-30-015, Versie 1.8, september 2001
5. Calibratieprocedures van het KNMI-IJklaboratorium, A. van Londen, Insa/IO, KNMI-document (valt onder ISO 9001), 1994
6. Het Internationale Stelsel van Eenheden (SI), Nederlands Meetinstituut NMI, 1994
7. KNMI-Handboek Meteorologische Codes, P.Y.de Vries, Nationale Codes, KLIM, versie 5.0, januari 2000
8. Verbetering Bodemtemperatuurmetingen, A.N. Mazee and R. Jilderda, KNMI-Technisch Rapport TR-280, 21 maart 2005
9. Basisontwerp Vernieuwing Operationeel Klimatologisch Informatiesysteem VOKIS, KNMI-document, 1992
10. Fundamentals of Classical Thermodynamics, G.J. Van Wylen and R.E. Sonntag, John Wiley & Sons, NewYork, 1978
11. The International Temperature Scale of 1990, H. Preston-Thomas (Comité International des Poids et Mesures), Metrologica 27,1989
12. Manual on Codes, WMO-No. 306, World Meteorological Organization WMO, Genève, 1995
13. Bodemkunde van Nederland, deel 1, Algemene bodemkunde, red. W.P. Locher en H.de Bakker; ihb Hoofdstuk 13, warmtehuishouding, 1990
14. Grondtemperaturen, P.C.T.van der Hoeven, W.N.Lablans, KNMI, WP 92-05, 1992

Bijlage bij hoofdstuk 11. Bodemtemperatuur

Procedure for placing soil temperature-sensors

- 1 An inspector of KNMI- department Beheer Waarnemingen en Stations (BWS) indicates the location, and supervises the procedure.
- 2 The pit is dug according to drawing “Opstelling grondtemperatuur”, no. 04-04-073 (see appendix 1 and 2).
- 3 The top layer of the soil of 10 cm. is removed and placed aside, including the grass, so it can be replaced as top layer again afterwards.
- 4 The next soil is removed in about 4 layers of about 25 cm. The layers are put aside on plastic and will be replaced in the same order afterwards.
- 5 The vertical wall, in which the sensors will be placed, is made smooth, so that BWS can note the profile of the soil (=take pictures of the wall using a ruler for reference, and describe the quality of the soil layers). (Photos 1 and 5)
- 6 Record the location of the needles with reference to the junction box and in which direction the needles will be placed.
- 7 The top plate of the template is placed on the surface of the ground. Use a plumb line or spirit level to make sure that the template is vertical in the pit. The grass on the surface should be as short as possible and the soil made even. (Photo 2)
- 8 All holes for the 5 sensors should first be made with the accompanying bodkin. (Photo 3)
- 9 The template is removed.
- 10 The guidance rod is placed on the bottom of the pit. A small layer of earth of about 5 cm. is placed on its base plate. (Photo 4)
- 11 The sensor needles are stuck in their appropriate holes in the wall as far as possible. (they are not straight above each other, see drawing “Mal ten behoeve van grondtemperatuur elementen”, no. 04-04-074, appendix 2) (Photo 5)
- 12 The cables of the sensors are connected to the guidance rod with cable ties. The remaining end of the cable ties should point away from the sensors to help to locate the sensors when the pit has to be dug again for replacing the sensors.
- 13 The technical department of KNMI checks whether all sensors function well.
- 14 The pit is closed, layer by layer in the same sequence. Every layer is firmed carefully. (Photos 6 and 7)
- 15 Where the cables rise above the surface, a flexible protection of about 10 cm. is used, up to the junction box. (Photo 8)
- 16 If any soil remains it is placed on top so the surface will become level when it settles. The top layer with grass is replaced.
- 17 The top of the guidance rod will stick out of the ground and will be marked and protected by a colourful and hard cover. (Photos 9, 10 and 11)
- 18 The technical department checks again whether the sensors function well.
- 19 The grass needs watering frequently. The grass will be checked after some weeks and replaced when and where necessary.

P. van Eif, KNMI, 6 December 2002.

Taken from “Verbetering Bodemtemperatuurmetingen” by A.N. Mazee and R. Jilderda (ref. 8).



1



2



3



4



5



6



7



8



9



10

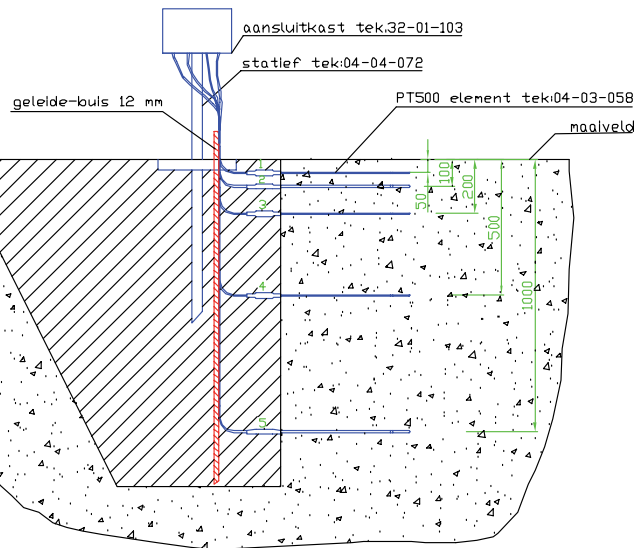
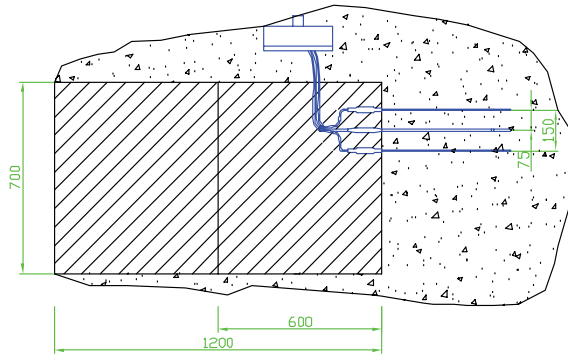


11



Appendix 1

Auteursrechten voorbehouden volgens de wet



Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut



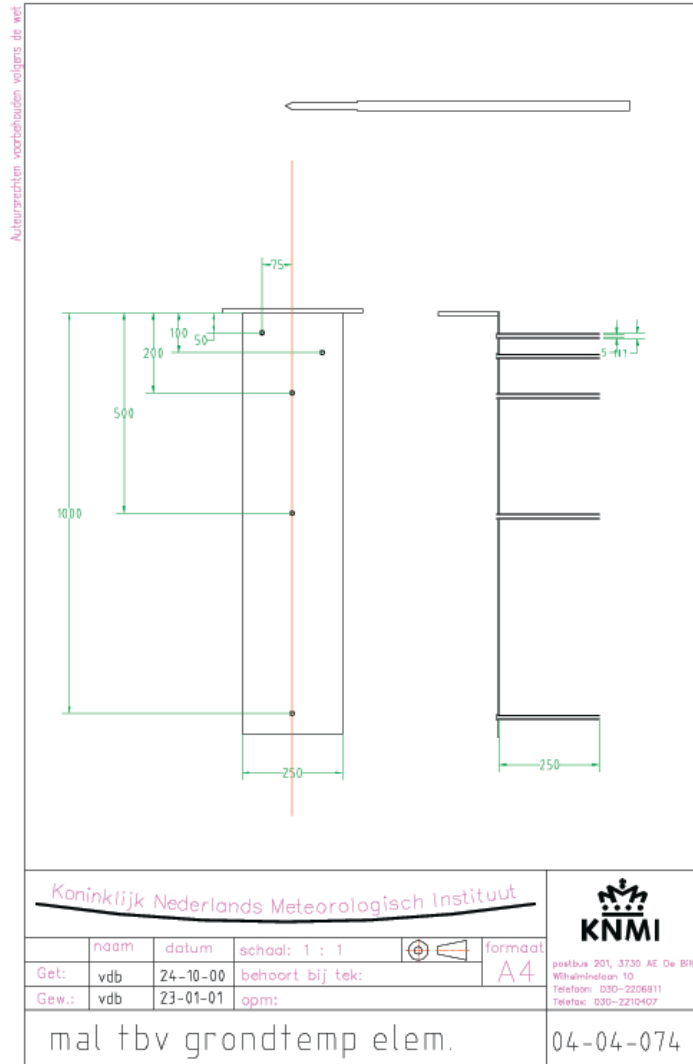
	naam	datum	schaal: 1 : 1		formaat
Get:	vdb	23-01-01	behoort bij tek:		A4
Gew.:			opm:		

postbus 201, 3730 AE De Bilt
Wilhelminalaan 10
Telefoon: 030-2206911
Telefax: 030-2210407

Opstelling grondtemperatuur

04-04-073

Appendix 2



Inhoud

12/13 Bovenluchtmetingen

- 1. Beschrijving 12/13 - 1
 - 1.1 Inleiding 12/13 - 1
 - 1.2 Definities 12/13 - 2
 - 1.3 Eenheden 12/13 - 2
 - 1.4 Code TEMP 12/13 - 3
 - 2. Operationele eisen 12/13 - 5
 - 2.1 Bereik, resolutie en nauwkeurigheid in verband met berichtgeving 12/13 - 5
 - 2.2 vereiste waarneemfrequentie 12/13 - 5
 - 2.3 vereiste data aanwezigheid per specifieke periode 12/13 - 5
 - 3. Instrumenten en techniek 12/13 - 7
 - 3.1 Techniek en specificaties 12/13 - 7
 - 3.1.1 Radiosond 12/13 - 7
 - 3.1.2 Ozonmeting 12/13 - 8
 - 3.1.3 Doppler radar windprofielen 12/13 - 9
 - 3.1.4 SODAR 12/13 - 11
 - 3.1.5 AMDAR 12/13 - 13
 - 3.2 onderhoud- en calibratieprocedures 12/13 - 17
 - 4. Procedures 12/13 - 19
 - 4.1 Procedures bij uitval 12/13 - 19
 - 4.2 Procedures voor achteraf validatie 12/13 - 19
 - 4.3 Procedures voor inspectie 12/13 - 19
 - 5. Herleiding parameters 12/13 - 21
 - 6. Opstellingseisen en omgevingscondities 12/13 - 27
- Referenties 12/13 - 29
- Bijlage I: TEMP-code 12/13 - 31
- Bijlage II: AMDAR-code 12/13 - 35
- Bijlage III: Gegevens ballonnen en radiosondes 12/13 - 37



12/13 Bovenluchtmetingen

1. Beschrijving

1.1 Inleiding

Regelmatige en veelvuldige bepaling van de luchtdruk, temperatuur, relatieve vochtigheid, windsnelheid en windrichting in de hogere luchtlagen (tot meer dan 17 kilometer hoogte) is van belang voor de beschrijving van de atmosfeer. In dit verband voert het KNMI meteorologische metingen uit. Daartoe wordt in De Bilt tweemaal per dag, rond 00.00 en 12.00 UTC, een radiosonde aan een ballon opgelaten.

Door middel van deze radiosonde oplatingen wordt een proces van aerologische metingen en datatransmissie op gang gebracht ten behoeve van de beschrijving van het verticale profiel van temperatuur, relatieve vochtigheid, windsnelheid en windrichting in een kolom lucht boven het aardoppervlak. Genoemde variabelen worden in dit profiel afgezet tegen de atmosferische druk. De meetwaarden worden tevens gebruikt om allerlei parameters af te leiden die een essentieel hulpmiddel zijn voor de meteoroloog om direct inzicht te krijgen in de mate van (on-)stabiliteit van de atmosfeer. De waarde van dergelijke parameters (of indices) bepaalt dan de kans op bijvoorbeeld onweer, buien en zware windstoten. Eenmaal per week, te weten iedere donderdag 12.00 UTC, wordt een speciale radiosonde met ozondetector opgelaten. Aldus kan op grote hoogte het ozongehalte in de atmosfeer worden gemeten.

Vanaf 31 januari 2004 worden door het KNMI de bovenlucht gegevens, windsnelheid en windrichting, tevens afgeleid met behulp van de informatie uit de weerradar. Het Instituut beschikt over twee Doppler radarsystemen (De Bilt, Den Helder), die al vele jaren worden gebruikt om neerslag te volgen. Er zijn nu methodieken ontwikkeld die het mogelijk maken om met de weerradar ook operationeel de windsnelheid en -richting te bepalen op verschillende hoogtes in de bovenlucht.

Zowel in het gebied rond Den Helder als De Bilt maakt de radar ieder kwartier een dwarsdoorsnede van het windverloop met de hoogte. Het frequent beschikbaar komen van deze gedetailleerde windinformatie is van groot belang in het geval van gevaarlijk weersituaties, zoals bij storm en kans op (zware) windstoten tijdens buien, alsmede (in het geval van Den Helder) voor de detectie en beschrijving van zeewind aan de kust.

Op luchthaven Schiphol functioneert specifiek voor de lokale berichtgeving een instrument (SODAR), dat het verticale windprofiel detecteert tot een hoogte van enkele 100 meters boven het aardoppervlak.

Via de automatische meteorologische metingen in vliegtuigen wordt kwalitatief hoogwaardige data met betrekking tot de bovenlucht verkregen. In het bijzonder gaat het hierbij om de metingen van de variabelen windsnelheid (horizontaal, verticaal), windrichting, atmosferische druk en luchttemperatuur. De meetgegevens worden via een internationaal telecommunicatienetwerk doorgegeven aan de meteorologische instituten, waaronder het KNMI. Het verzendsysteem wordt aangeduid met Aircraft Meteorological DATA Relay (AMDR). Op basis van de data kan een verticaal profiel van de atmosfeer worden gemaakt. De aldus verkregen informatie is in toenemende mate van

operationeel belang voor de weerberichtgeving, in het bijzonder ook voor de luchtvaart.

Naast bovengenoemde meettechnieken zijn nieuwe methodes in ontwikkeling die op afzienbare termijn een operationele rol gaan vervullen in het kader van de beschrijving van de bovenlucht. In dit verband kunnen de windprofilers genoemd worden. Voorts kunnen de meetgegevens van GPS benut worden om inzicht te krijgen in de verticale opbouw van de atmosfeer, in het bijzonder ten aanzien van luchtvochtigheid. Genoemde technieken zijn nog niet operationeel geïmplementeerd in het meetnet van het KNMI en vallen derhalve vooralsnog buiten het kader van dit handboek.

1.2 Definities

Literatuur: ref. 1 t.m. 4

- a. *Radiosonde*: een instrument, dat met behulp van een ballon opstijgt in de atmosfeer en dat uitgerust is met instrumenten ten behoeve van metingen van de meteorologische variabelen luchtdruk, luchttemperatuur en relatieve vochtigheid. Het instrument bevat tevens een radiozender ten behoeve van de transmissie van alle relevante data met betrekking tot genoemde variabelen naar het bijbehorende meteorologische station op het aardoppervlak.
- b. *Radiosonde waarneming*: de waarneming van de meteorologische variabelen luchtdruk, luchttemperatuur en relatieve vochtigheid in de bovenlucht door middel van een radiosonde.
- c. *Radiosonde station*: het meteorologisch station op het aardoppervlak waar de waarnemingen van de meteorologische variabelen luchtdruk, luchttemperatuur en relatieve vochtigheid in de bovenlucht door middel van elektronische hulpmiddelen worden geregistreerd.
- d. *Pilot waarneming*: bepaling van de upper air wind door middel van het volgen van het spoor van de ballon met behulp van optische middelen (niet meer van toepassing voor het KNMI);
- e. *Radiowind waarneming*: bepaling van de upper air wind door middel van het volgen van het spoor van de ballon met behulp van elektronische middelen;
- f. *Rawinsonde waarneming*: een gecombineerde radiosonde en radiowindwaarneming; van toepassing voor het KNMI;
- g. *Dopplerradar*: de werking van de Dopplerradar is gebaseerd op het Dopplereffect. De natuurkundige Johann Christian Doppler beschreef in 1842 het principe dat een door een bron uitgezonden trilling anders wordt waargenomen als de bron zich ten opzichte van de waarnemer beweegt.

1.3 Eenheden

Zie ref. 1. en 5.

De gebruikte eenheden zijn conform het internationale stelsel van eenheden (SI) (ref.5):

- *Luchtdruk*: de SI-eenheid voor druk is Pa (=pascal). In de meteorologie wordt luchtdruk uitgedrukt in hectopascal(hPa).
 $1 \text{ hPa} = 100 \text{ Pa}$; $1 \text{ Pa} = 1 \text{ Nm}^{-2} = 1 \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-2}$
(N staat voor Newton: $1 \text{ N} = 1 \text{ kg m s}^{-2}$); (zie ook Hoofdstuk 3 van dit handboek)



- *Temperatuur*: de erkende eenheid volgens SI voor de thermodynamische temperatuur is kelvin (K). Deze eenheid is gedefinieerd als de fractie $1/273,16$ van de temperatuur van het tripel punt van water. Naast de thermodynamische temperatuur (=T, ook wel kelvintemperatuur genoemd) kent men de grootheid celsiustemperatuur t. De erkende SI- eenheid daarvoor is de graad Celsius, symbool °C, die gelijk is aan de kelvin. De celsiustemperatuur is gedefinieerd als het verschil $t = T - T_0$, waarbij $T_0 = 273,15$ K. Dus:
 t (°C) = T (/K) - 273,15. (zie ook Hoofdstuk 2 van dit Handboek)
- *Relatieve vochtigheid*: de eenheid voor relatieve vochtigheid is procent (%); de relativiteit betreft de verhouding ten opzichte van de situatie met verzadigde dampspanning boven wateroppervlak, inclusief bij temperaturen < 0 °C; (zie ook Hoofdstuk 4 van dit Handboek)
- *Geopotentiele hoogte*: de loodrechte afstand van de waarneming in de atmosfeer ten opzichte van het aardoppervlak in geopotentiele meters ($\Rightarrow 1$ geopotentiele meter = $0,980665$ dynamische meter);
- *Wind*: de erkende eenheid volgens SI voor de windsnelheid: m/s {in sommige luchtvaartmeteorologische toepassingen wordt de eenheid “knoepen” (engels: knots of kts.) gebruikt: 1 knoop = 1 zeemijl per uur = 1852 m / 3600 s = $0,514444$ m/s.}; de erkende eenheid volgens SI voor de windrichting: booggraden. (zie ook Hoofdstuk 5 van dit Handboek)

1.4 Code TEMP

In de (inter-)nationale berichtgeving wordt een selectie van de per radiosondeoplating ontvangen bovenluchtdata temperatuur, relatieve vochtigheid, atmosferische druk, windsnelheid en windrichting verspreid in gecodeerde vorm. Het totale pakket aan gecodeerde data per oplating wordt “TEMP” genoemd. TEMP-code: zie bijlage I. De gedetailleerde codebeschrijving van de TEMP maakt deel uit van het KNMI - Handboek Meteorologische Codes. Daarnaast wordt verwezen:

<http://info.knmi.nl/wm-ow/algdoc/codebeheer/handboek.htm>

Handboek Meteorologische Codes \Rightarrow Internationale codes \Rightarrow TEMP (document .doc of .pdf), versie 5.0, P.Y. de Vries, januari 2000 (ref.19);

Per radiosonde-oplating wordt een selectie van de TEMP-data opgeslagen en gearchieveerd in het Klimatologisch Informatiesysteem KIS. De selectie betreft deel A (standaardniveaus, tropopauze niveaus en maximum windniveaus) en deel B (karakteristieke niveaus).

De gearchieveerde TEMP-data in KIS is als volgt:

a. Elementen van de standaarddrukvlakken

PP _{ns}	luchtdruk (hPa)
HH _{ns}	hoogte tov MSL (m)
TT _{ns}	temperatuur (0,1 °C)
TD _{ns}	dauwpuntstemperatuur (0,1 °C)*
DD _{ns}	windrichting (booggraden)
FF _{ns}	windsnelheid (m/s)

ns: indicator voor standaarddrukvlak:

- ns = 1 \Rightarrow 1000 hPa,
- ns = 2 \Rightarrow 900 hPa,
- ..
- ns = 10 \Rightarrow 100 hPa.

* berekend uit temperatuur en relatieve vochtigheid (zie. H.4)

b. Elementen regionale groepen (cf. blok 06 WMO)

PP_{nr} : luchtdruk (hPa)
DD_{nr} : windrichting (booggraden)
FF_{nr} : windsnelheid (m/s)

nr: indicator voor regionaal vastgestelde drukvlak:

- nr =1 => 900 hPa,
- nr = 2 => 800 hPa,
- nr =3 => 600 hPa.

c. Elementen van karakteristieke temperatuurniveaus (d.i. significant omslagpunt temperatuur c.q. dauwpuntstemperatuur)

PP_{nt} : luchtdruk (hPa)
TT_{nt} : temperatuur (0,1 °C)
TD_{nt} : dauwpuntstemperatuur (0,1 °C)*

nt =1 t/m n (n ≤ 30)

* berekend uit temperatuur en relatieve vochtigheid (zie. H.4)

d. Elementen van karakteristieke windniveaus (d.i. significant omslagpunt windrichting c.q. windsnelheid)

PP_{nw} : luchtdruk (hPa)
DD_{nw} : windrichting (booggraden)
FF_{nw} : windsnelheid (m/s)

nw =1 t/m n (n ≤ 30)

e. Elementen van de tropopauze niveaus

PP_n : luchtdruk (hPa)
TT_n : temperatuur (0,1 °C)
TD_n : dauwpuntstemperatuur (0,1 °C)*
DD_n : windrichting (booggraden)
FF_n : windsnelheid (m/s)

n =1 t/m 4

* berekend uit temperatuur en relatieve vochtigheid (zie. H.4)

f. Elementen van de maximum windniveaus (d.i. niveau waarbij windsnelheid boven 30 m/s komt)

PP_n : luchtdruk (hPa)
DD_n : windrichting (booggraden)
FF_n : windsnelheid (m/s)
VA_n : absolute waarde van het verschil tussen windsnelheid op onderhavige niveau en de windsnelheid op 1000 m boven dit niveau (m/s)
VB_n : absolute waarde van het verschil tussen windsnelheid op onderhavige niveau en de windsnelheid op 1000 m onder dit niveau (m/s)

n =1 t/m 4

(ref 6)

2. Operationele eisen

2.1 Bereik, resolutie en nauwkeurigheid in verband met berichtgeving

Onderstaande WMO-tabel (Ref. 1, Chapter 12, annex 12.A. Accuracy requirements (standard error) for upper air measurements for synoptic meteorology, interpreted for conventional upper air and wind measurements) is mede van toepassing voor de KNMI-bovenluchtmetingen.

<i>Variabele</i>	<i>gebied</i>	<i>vereiste nauwkeurigheid</i>
Druk	oppervlak tot 5 hPa	± 1 hPa
Temperatuur	oppervlak tot 100 hPa	$\pm 0,5$ K
	100 - 5 hPa	± 1 K
relatieve vochtigheid	troposfeer	± 5 % (RV)
Windrichting	oppervlak tot 100 hPa	± 5 booggr. (bij <15 m/s), $\pm 2, 5$ booggr. (bij ≥ 15 m/s)
	100 - 5 hPa	± 5 booggr.
Windsnelheid	oppervlak tot 100 hPa	± 1 m/s
	100 - 5 hPa	± 2 m/s
Geopot. hoogte van sign. niveau	oppervlak tot 100 hPa	± 1 % bij het aardoppervlak oplopend tot $\pm 0,5$ % op 100 hPa

2.2 Vereiste waarneemfrequentie

Tweemaal per dag: rond 00 en rond 12 UTC vindt een radiosonde oplating plaats. Het tijdstip van oplating is ca. 40 minuten voor 00.00 UTC c.q. 12.00 UTC. Aldus zal de ballon met radiosonde zich rond het tijdstip 00.00 UTC c.q. 12.00 UTC bevinden op ca. 15 km. hoogte. Dan is de TEMP compleet en kunnen de gegevens gedistribueerd worden. Luchtdruk, temperatuur en relatieve vochtigheid worden gedurende de gehele oplating eenmaal per 1,25 seconde gemeten. De positie ten behoeve van de berekening van windsnelheid en windrichting wordt gedurende de gehele oplating eenmaal per 10 seconden bepaald. Het grondstation in De Bilt verwerkt deze gegevens tot een binaire dataset.

2.3 Vereiste data aanwezigheid per specifieke periode

Het genereren van een TEMP vereist in principe een 100% beschikbaarheid van alle betrokken bovenluchtgegevens. Deze beschikbaarheid is natuurlijk afhankelijk van de correcte ballonoplating en het adequate functioneren van de radiosonde. Een en ander valt onder de verantwoordelijkheid van WM/OD. De 2-maal daagse oplating is door deze afdeling uitbesteed aan de afdeling Centrale Weerkamer CWK van de Sector WA.

3. Instrumenten en techniek

3.1 Techniek en specificaties

3.1.1. Radiosonde

Onderstaande informatie is ontleend aan KNMI-documentatie:

<http://info.knmi.nl/wm-ow/algdoc/aerologie/radiosonde.htm>

- ⇒ Aërologische waarnemingen met behulp van een radiosonde , R.Rothe, KNMI/WM/OD, juli 1998;
- ⇒ Geschiedenis van de Radiosonde in Nederland, R.Rothe, KNMI/WM/OD, januari 2001

Instrumenten in radiosonde¹

De radiosonde bevat drie meetinstrumenten:

1. Een aneroïde-barometer voor het meten van de luchtdruk. De vormverandering van de drukdoos wordt langs mechanische weg omgezet in capaciteitsverandering van een condensator.
2. Een condensator voor het meten van de luchttemperatuur. Aangezien de diëlectrische constante afhankelijk is van de temperatuur, worden temperatuursveranderingen omgezet in capaciteitsveranderingen van de condensator.
3. Een duo condensatoren voor het meten van de relatieve vochtigheid. In het diëlectricum van de condensator wordt waterdamp uit de lucht geabsorbeerd, zodat vochtigheidsveranderingen worden omgezet in capaciteitsveranderingen van de condensator. Het duo alterneert in gebruik. Aldus kan in één condensator het neergeslagen vocht worden verdampt, terwijl de andere condensator de operationele sensor is.

Achtereenvolgens wordt elk van deze drie condensatoren opgenomen in een elektrische schakeling. Deze wekt een trilling op waarvan de frequentie bepaald wordt door de capaciteit van de condensator en dus door respectievelijk luchtdruk, temperatuur en luchtvochtigheid. Met behulp van een zendertje, dat in de sonde is ingebouwd, worden deze signalen doorgegeven naar de signaalontvanger die deel uitmaakt van het grondstation.


Plaatsbepalingssysteem ten behoeve van windmeting²

De gegevens windrichting en windsnelheid worden middels het LORAN-C (LongRangeNavigation) plaatsbepalingssysteem verkregen.

¹ Op 3 januari 2001 is begonnen met de nieuwe Finse Radiosonde type, RS90-AL. Nieuwe snellere sensoren, meting voorheen om de 1,25 sec nu per seconde. Geen styrofoam als behuizing maar papier en metaal, de batterij bevat geen toxise bestanden. Milieu vriendelijk.

- F-THERMOCAP; temperatuur sensor, snel, accuraat en minimale stralings fout.
- Heated HUMICAP : verwarmde vochtigheid sensor, snel , geen condens en ijs meer.
- Silcon BAROCAP druk sensor, schok bestendig, met snelle temperatuur reactie.

²LORAN-C heeft bijna afgedaan. De participanten, Duitsland, Denemarken en Nederland, hebben zich in 2004 uit het verdrag terug getrokken en dragen niet meer financieel bij aan het onderhoud van de zenders. Indien Noorwegen stopt met het in stand houden van de noordelijke zenders, zullen Ierland, Engeland en mogelijk ook Oostenrijk geen windgegevens meer krijgen voor de TEMP. De Fransen proberen de Noren nog te overhalen door te gaan. Heeft dit overleg geen succes, dan is het voorbij voor veel betrokken landen. Het KNMI laat het systeem spoedig met GPS functioneren. Eea is reeds in de KNMI-begroting voor 2006 opgenomen.



LORAN-C is een wereldwijd (noordelijk halfrond) plaatsbepalingssysteem dat gebruikt maakt van zenders die pulsen in de 90 - 110 kHz frequentie band uitzenden. De zenders worden weer verdeeld in 'Chains' (ketens). Elke 'Chain' bestaat uit tenminste 3 zendstations.

De LORAN-C methode maakt gebruik van de signalen van 2 Chains en tot 12 zenders gelijktijdig. Elke combinatie van tenminste 3 tot 4 zenders is voldoende voor een peiling.

Het dekkingsgebied van een Chain is afhankelijk van diens zendvermogen, de afstand tussen de Chains (master/slave) en de geometrische ligging.

In de radiosonde is een LORAN-C ontvanger ingebouwd en gekoppeld aan het radiozendertje. Informatie over de ontvangst wordt doorgegeven naar het grondstation. Op deze wijze kan op elk moment de positie van de radiosonde worden bepaald. Uit de achtereenvolgende positieveranderingen kunnen de windrichting en -snelheid op een bepaalde hoogte worden berekend. Die horizontale positieverandering wordt immers uitsluitend door de wind veroorzaakt.

Verwerking gegevens door grondstation

Het grondstation in De Bilt bestaat uit een ontvanger en uit elektronische randapparatuur, incl. computer, voor de berekening en verwerking van de radiosondegegevens, alsmede voor de omzetting van de gegevens in een codebericht TEMP. Dat bericht wordt na afloop van de opstijging nationaal en internationaal verspreid. Het radiosonde data formaat is binaire-code.

Ballon

De radiosonde wordt aan een ballon opgelaten. De ballonnen zijn gemaakt van een materiaal dat bestand is tegen zeer lage temperaturen (< -75° Celsius) en de op grote hoogte heersende lage luchtdruk (bijv. natuurrubber, chloroprene of een speciale latex component). De ballonnen worden in de vulhut op het KNMI achterterrein gevuld met heliumgas. De stijgsnelheid bedraagt ongeveer 5 à 6 meter per seconde, afhankelijk van het vulgewicht. Er worden, afhankelijk van het soort ballon, hoogten bereikt van 17 tot 35 kilometer. {zie: WMO no.8, *Guide to meteorological instruments and methods of observations, 6th edition, Part II, Observing systems, chapter 10, Balloon Techniques, WMO, Genève, 1996; ihb par.10.2.2, balloon performance, ref.11}*

Na het springen van de ballon komt het geheel aan een parachute (om de valsnelheid te beperken) naar beneden en wordt niet meer hergebruikt.

Meer details in bijlage III

3.1.2 Ozonmeting

Iedere week wordt op donderdag 12.00 UTC ten behoeve van het internationale atmosferisch ozononderzoek een gecombineerde radio- en ozonsonde opgelaten. De instrumenten in de ozonsonde meten de hoeveelheid ozon op de diverse hoogtes. De ozonsonde bestaat uit de ozonsonde sensor model 6A ECC (Electrochemical Concentration Cell), een pompje om de lucht (met ozon) aan te zuigen en een Interface. De radiosonde is uitgerust met een Interface-verbinding naar de ozonsonde.

De pomp zuigt de buitenlucht aan en voert deze door de ECC-ozonsensor. Vervolgens vindt er een reactie plaats waarbij de grootheden via de Interface aan de radiosonde worden doorgegeven. Deze zendt de informatie vervolgens met de eigen gegevens (zie boven) naar het ontvangststation van het KNMI in De Bilt. Daar wordt de data verwerkt en gedistribueerd naar de diverse gebruikers, o.a. de afdeling Atmosferische Samenstelling AS van de KNMI-sector Klimaatonderzoek en Seismologie KS.

<http://www.knmi.nl/onderzk/index-nl.html>

3.1.3 Doppler radar windprofielen

De weerradar is alom bekend vanwege zijn vermogen om op afstand neerslag te detecteren met een hoge ruimtelijke resolutie en een hoge tijdsresolutie. Neerslaggegevens worden verkregen door middel van de radarmetingen van via hydrometeoren (druppels, sneeuwvlokken, hagelkorrels, etc) gereflecteerde signalen. Het gebruik is velerlei, waaronder monitoren van gevaarlijke weer (trekrichting en intensiteit buien), alsmede hydrologie. Een groot deel van de weerradars in Europa, waaronder die van het KNMI (C-band Doppler weerradars van Gematronik GmbH in De Bilt en Den Helder) is in staat om dankzij bovengenoemde signalen ook Doppler metingen te verrichten. De Doppler techniek maakt het mogelijk gegevens met betrekking tot de (bovenlucht-) wind te extraheren uit de beweging van de hydrometeoren. Omdat de signaal-golfenlengte is geoptimaliseerd ten behoeve van neerslagdetectie, zal in principe geen windinformatie kunnen worden gegenereerd als er geen sprake is van neerslag. Overigens kunnen soms toch (zwakke) reflectiesignalen worden ontvangen via grensvlakken in de atmosfeer, gradiënten in de vochtigheid of via grote wolkendeeltjes.

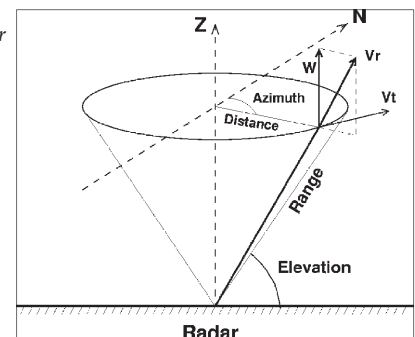
De radar wind profielen kunnen worden verkregen dankzij de implementatie van het Volume Velocity Processing algoritme in het radarsysteem (ref.8). Dit algoritme vereist in principe de aanwezigheid van hydrometeoren (zie boven). Tevens wordt een lineair windmodel verondersteld. Op basis van de gedetecteerde informatie kan de radiële wind worden berekend voor alle punten in een laag gecentreerd op hoogte z_0 ten opzichte van de radar als functie van de afstand, azimuth en elevatie.

Literatuur:

1. Doppler radar wind profiles, Iwan Holleman, KNMI Scientific Report WR-2003-02, De Bilt, 2003; (ref.8)
2. Upper air wind measurements by weather radar, I. Holleman, H. Benschop, and J. van der Meulen, paper WMO Technical Conference TECO-2005, Boekarest, mei 2005; (ref.25)
3. Quality control and verification of weather radar wind profiles, I. Holleman, J. Atmos. Ocean. Technol., 2005. (ref.26)

Doppler radars verrichten volume scans, dmv reflectiviteit, ter bepaling van de radiële windsnelheidsgegevens als functie van range, azimuth en elevatie. Zie figuur 1.

Figuur 1. Scan doppler radar



Het lineaire windveld (U,V,W) in de nabijheid van de radar (radar: $x = 0$ and $y = 0$) kan als volgt worden weergegeven:

$$U(x,y,z) = u_0 + x \frac{du}{dx} + y \frac{du}{dy} + (z-z_0) \frac{du}{dz}$$

$$V(x,y,z) = v_0 + x \frac{dv}{dx} + y \frac{dv}{dy} + (z-z_0) \frac{dv}{dz}$$

$$W(x,y,z) = w_0 + (z-z_0) \frac{dw}{dz}$$

De radiële snelheid kan als volgt geschreven worden:

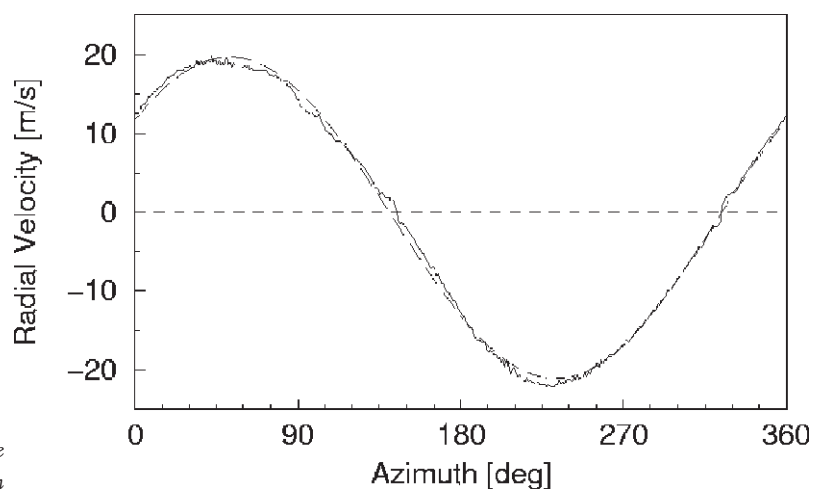
$$V_{radial}(\varphi) = (w_0 + W_{final}) \sin(\theta) + u_0 \cos(\theta) \sin(\varphi) + v_0 \cos(\theta) \cos(\varphi)$$

W_{final} : verticale snelheid hydrometeoren door zwaartekracht

azimuth: φ

elevation: θ

Bij scan met constante range en elevatie krijgt de radiële wind als functie van de azimuth φ de vorm van een sinus. Zie figuur 2.



Figuur 2. Radiële wind als functie van de azimuth

De windsnelheid en -richting kunnen bepaald worden uit de amplitude and de fase, door ontleding van de sinus. Deze techniek is genoemd Velocity-Azimuth Display (VAD), en werd geïntroduceerd door R. Lhermitte (1961) (ref.23), and K. A. Browning and R. Wexler (1968) (ref.24). In plaats van het berekenen van één enkele VAD per hoogte en vervolgens een serie VAD's te ontwikkelen, is het ook mogelijk om een directe berekening te maken op basis van alle beschikbare volume gegevens in een bepaalde laag. Deze zogeheten Volume Velocity Processing techniek (VVP) is ontwikkeld door P. Waldteufel en H. Corbin (1979). ref.9. Met behulp van de bovenbeschreven vergelijkingen voor het lineaire wind model kan de radiële wind worden berekend voor alle punten in een laag gecentreerd op hoogte z_0 als functie van Range (R), azimuth (φ) en elevatie (θ). Via een multi-dimensionale en een multi-parameter lineaire fit, kunnen hieruit de parameters van het lineaire windveld worden geëxtraheerd.

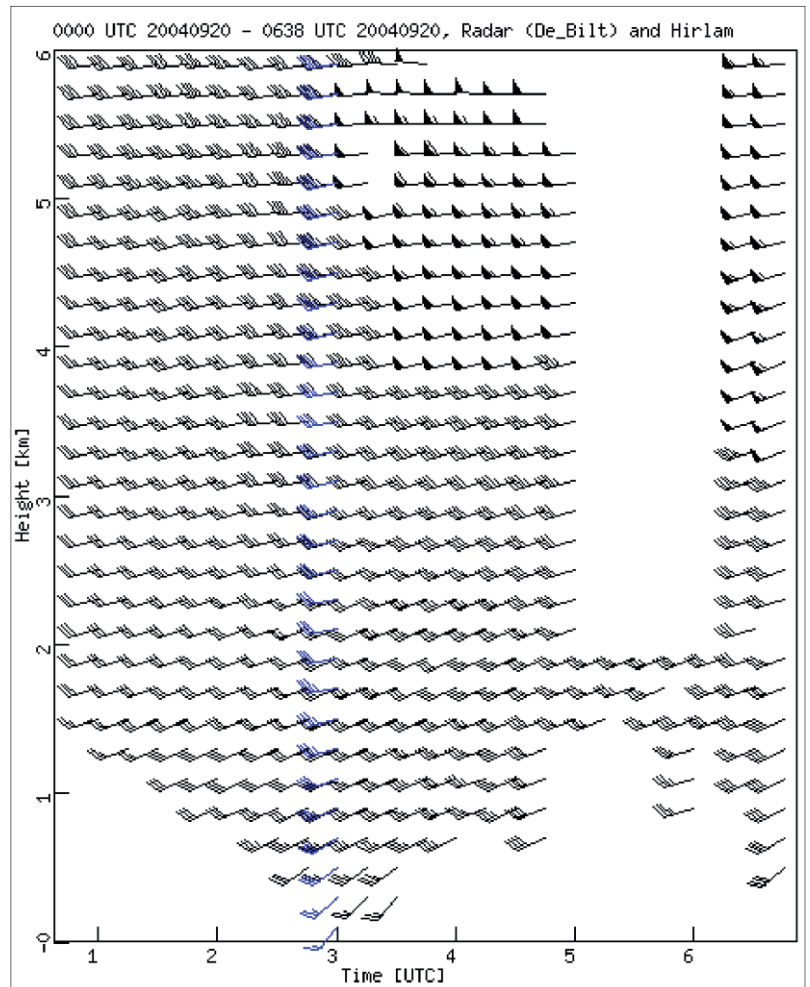
De VVP- techniek is bij uitstek geschikt voor de databerekening in dunne lagen op successievelijke hoogtes ten behoeve van de bepaling van het windprofiel.

De radarsystemen in De Bilt en in Den Helder voeren iedere 15 minuten een Doppler volume scan uit, waaruit het windprofiel wordt geëxtraheerd met behulp van het genoemde VVP algoritme. De windprofielen worden verzameld en gepresenteerd in tijd – hoogte diagrammen. Deze diagrammen bieden een “on-line monitoring” van het heersende windveld.

Tevens worden aldus real time windveranderingen zichtbaar die geassocieerd

kunnen worden met de passage van een lage c.q. hoge druksysteem of de passage van een front.

Voorbeeld van een tijd – hoogte diagram in figuur 3, waarbij ter vergelijking tevens de modelwind uit HiRLAM wordt gepresenteerd. Het Hirlam windprofiel is berekend uit de 3-uurlijkse HiRLAM analyse op het dichtstbijzijnde roosterpunt.



Figuur 3. Tijd – hoogte diagram windsnelheid en windrichting (Radar winden weergegeven met zwarte vlaggen, Hirlam winden met blauwe vlaggen)

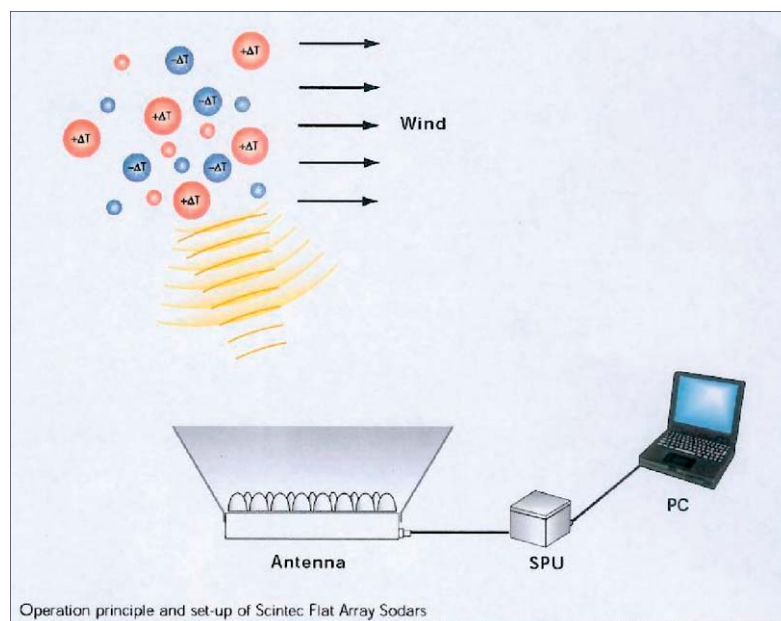
3.1.4 SODAR

SODAR (SOund Detection And Ranging) is een instrument dat opwaarts acoustische pulsen uitzendt. De geluidsfrequenties variëren van 1 tot 3 kHz. Op grensvlakken in verschillende luchtlagen van de atmosfeer wordt het uitgezonden signaal verstrooid en gereflecteerd. Dergelijke grensvlakken indiceren verschillen in brekingsindex tussen de luchtlagen als gevolg van wind-shear, turbulentie, verschillen in (horizontale) windsnelheid en windrichting, verschillen in stabiliteit van luchtlagen e.d. De teruggekaatste pulsen worden opgevangen met een gevoelige microfoon. (figuur 4).

De echotijd van de puls en het spectrum van het gereflecteerde signaal worden geanalyseerd (Fourier-analyse). Hiermee wordt informatie gedetecteerd met betrekking tot het verticale profiel van windvectoren.

Het signaal is vaak krachtig genoeg om door mistlagen te prikken en de echo's in hogere lagen te registreren.

Figuur 4. Principe SODAR
basis: 145 cm
(bron: brochure Acoustic
Wind Profilers, Scintec)



Afhankelijk van de samenstelling van de atmosfeer (relatieve vochtigheid, neerslag) kunnen met laagfrequente golven (≈ 1000 Hz) hoogtes van > 1000 meter bereikt worden. De meetnauwkeurigheid wordt sterk bepaald door de atmosferische omstandigheden.

De toepassingsmogelijkheden zijn:

- Grenslaagonderzoek met betrekking tot verticale profielen van atmosferische parameters (luchtbeweging, vochtigheid, temperatuur e.d.),
- Directe berichtgeving aan de luchtvaart met betrekking tot de situatie in de onderste luchtlagen (turbulentie, down burst, windshear, mate van (on-)stabiliteit, windstoten, grote windsnelheidsverschillen, enzovoorts),
- Calamiteitenmeteorologie: verspreiding gaswolken e.d.,
- Onderzoek naar luchtkwaliteit.


Met het oog op de kwaliteit en representativiteit van de metingen, dient de SODAR gesitueerd te zijn op een locatie waar in de buurt geen noemenswaardige geluidsgolven worden gegenereerd en waar in de nabije omgeving geen obstakels staan (gebouwen, bomen, e.d) die geluid kunnen reflecteren.

Het KNMI beheert een SODAR-apparaat op luchthaven Schiphol ten behoeve van de lokale luchtvaartberichtgeving op deze luchthaven. De locatie is sinds lange tijd het AWS- meetterrein nabij touch down 18C (vroeger 19R) (zie foto, figuur 5). Inmiddels is een nieuwe plek gevonden aan de oostzijde van runway 36L – 18R (halverwege). Het SODAR instrument wordt in 2005 vervangen, en dan op een nieuwe locatie geplaatst. Uit de SODAR-data kan de Low Level Temperature Inversion worden bepaald. Deze informatie is van operationeel belang in verband met verticale windshearing en de invloed op het motorvermogen van de vliegtuigen.

Het SODAR-instrument wordt in 2005 vervangen. De resultaten van het marktonderzoek met betrekking tot verschillende opties zijn verwerkt

Figuur 5. SODAR Schiphol
(foto Paulien van Eijf)





in “SODAR Market research, An investigation into possibilities and options regarding lower-atmosphere wind measurements for Schiphol Airport”; H.I. Bloemink; Instrumentation Division; Royal Netherlands Meteorological Institute (KNMI); maart 2004 (ref. 18).

Van belang bij de keuze zijn de gebruikerseisen van de luchthaven. In principe dient het apparaat windmetingen te kunnen doen in het lagere gedeelte van de atmosfeer - vanaf enkele 10-tallen meters boven het oppervlak tot 2000 à 3000 ft hoogte - met een zo groot mogelijke beschikbaarheid, speciaal ook bij regen en harde wind.

De toepasbaarheid van SODAR - instrumenten kwam ter sprake bij de discussies over windprofilers in het zogeheten COST-76 project* (ref.17)

* COST is de afkorting van "European co-operation in the field of scientific and technical research".

3.1.5. AMDAR

Wereldwijd worden automatische waarnemingen van temperatuur, windsnelheden en druk, die standaard aan boord van vliegtuigen en met hoge frequentie worden verricht, doorgegeven aan de meteorologische gemeenschap. Het verzendsysteem wordt aangeduid met ' Aircraft Meteorological *DATA* Relay ', met als acroniem AMDAR. Een groot aantal (meer dan 300) Europese vliegtuigen, o.a. van de KLM, participeert in het EUMETNET-AMDAR (E-AMDAR) programma, dat zich concentreert op het verrichten van deze automatische meteorologische metingen ter verwerving van kwalitatief hoogwaardige data met betrekking tot de bovenlucht. In het bijzonder gaat het hierbij om de variabelen windsnelheid (horizontaal, soms ook verticaal), windrichting, atmosferische druk (voor de bepaling van de hoogte, berekend volgens de International Standaard Atmosfeer) en luchttemperatuur. In de toekomst wordt luchtvochtigheid toegevoegd zodra de waarneemtechniek voldoet. Ten behoeve van de meting is in de romp van de betrokken vliegtuigen een aantal sensoren gemonteerd. Frequente registratie van genoemde variabelen tijdens het opstijgen en dalen verschaft direct het verticale profiel van de atmosfeer. Genoemde vliegtuigmetingen geschieden conform internationale (WMO) richtlijnen en -specificaties (ref. 21 en 22). De gegenereerde data wordt internationaal verspreid in de zogeheten FM-42 AMDAR-code (zie bijlage) en BUFR.

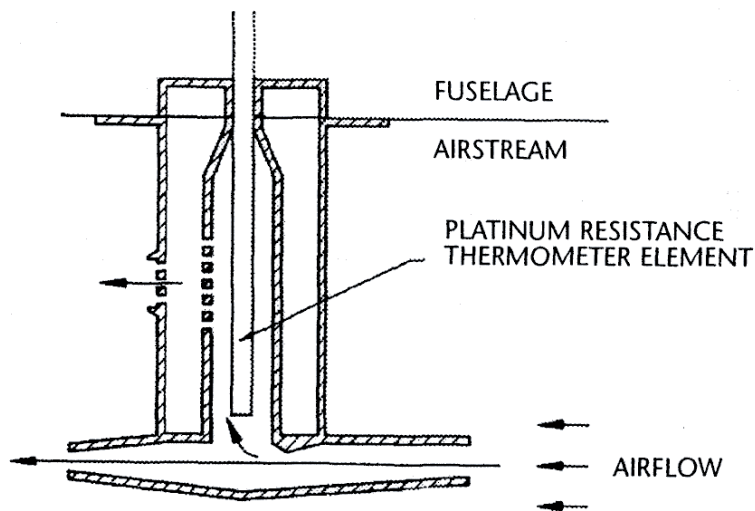
Voor E-AMDAR en ook andere luchtvlotten, zoals de Arabic AMDAR, wordt de kwaliteit van de meetdata achteraf geëvalueerd, waarbij onder meer de corresponderende modeldata van HiRLAM als referentie wordt gebruikt. Deze validatie wordt uitgevoerd door het E-AMDAR Quality Evaluation Centre QEvC, welke gehuisvest is op het KNMI. Ieder kwartaal wordt omtrent de resultaten van deze evaluatie gerapporteerd in de zogeheten “Quarterly reports of the E-AMDAR Quality Evaluation Centre on AMDAR-data”, documenten van EUMETNET+ KNMI.

De bepaling van de windvector is gecompliceerd en vereist gegevens van de volgende systemen:

- het navigatiesysteem van het vliegtuig, in welk verband ook de (meting van de) luchtdruk een cruciale rol speelt;
- het systeem ter vaststelling van de lichtsnelheid rond het vliegtuig; deze registratie geschiedt met behulp van een zogeheten Pitot statische buis;
- data van de temperatuursensor(-en).

Op basis van deze gegevens kan met een vrij hoge nauwkeurigheid de snelheid en richting van het vliegtuig ten opzichte van de aarde en van de lucht ten opzichte van het vliegtuig worden berekend. Hieruit volgt de 3-dimensionale windvector en daarmee de windsnelheid (horizontaal, verticaal) en windrichting ter plekke van het vliegtuig (ref.22).

De nauwkeurige meting van de luchttemperatuur is mede van fundamenteel belang voor de bepaling van afgeleide meteorologische parameters, in eerste instantie de windsnelheid en -richting. Als meetsensor wordt een platina weerstandsthermometer gebruikt. Deze is in de romp van het vliegtuig ingebouwd. De behuizing is zodanig dat het element goed beschermd is tegen vochtslag (van wolken). Zie figuur 6 (ref. 22).



Figuur 6, Thermometer in vliegtuigromp (uit: WMO no.8, Guide to meteorological instruments and methods of observations, 6th edition, Part II, Observing systems, chapter 3, Aircraft observations, WMO, Genève, 1996. Zie ook ref. 22, WMO-No. 985, AMDAR reference manual)

De gemeten temperatuur dient te worden herleid naar de zogeheten statische temperatuur. Dit is de temperatuurwaarde van de vrije lucht (-stroom) in de atmosfeer ter plekke van het vliegtuig. Bij deze omzetting worden thermodynamische factoren, alsmede de verhouding van de gemeten luchtdruk ten opzichte van de bepaalde luchtdruk bij ongestoorde luchtstroom gebruikt (ref.22).

De wind- en temperatuurgegevens worden middels het VHF (Very High Frequency) communicatiesysteem van het vliegtuig getransporteerd naar een internationaal telecommunicatienetwerk voor de luchtvaart en van daaruit via het GTS naar het KNMI. Voor een deel van de E-AMDAR vloot verzorgt het Met Office de codering van het FM42 AMDAR-bericht, de DWD verspreidt de BUFR gecodeerde berichten van het overige deel van de vloot.

In het KNMI is als faciliteit voor de Weerdienst een zogeheten Syntemp gerealiseerd. Dit is een verticaal atmosferisch profiel, dat ieder uur wordt gegenereerd en kan worden gepresenteerd via intranet van het KNMI. Zie Oscar van der Velde, 2003 (ref.14). Deze Syntemp heeft betrekking op waarnemingen boven Schiphol.



Figuur 7.
Route "AMDAR"-vliegtuig

In het Syntemp profiel is zowel AMDAR-data als METAR data verwerkt:

- AMDAR-data; de gemiddelde waarden windsnelheid, windrichting en temperatuur over een periode van de afgelopen 2 uur van (meestal) verschillende vliegtuigen in een $2,5 \times 1,5$ graden groot gebied over Nederland: $51,5$ tot $53,0$ graden NB en $3,5$ tot $6,0$ graden OL. Verticaal is er gemiddeld over 25-hPa stappen (NB verticale resolutie HiRLAM: 50-hPa).
- METAR-data; de gemiddelde waarden temperatuur en dauwpuntstemperatuur, alsmede wolkenbasis hoogten en bedekkingsgraad van de meest recente halfuurlijkse METARs van de stations in het betreffende gebied, en de gemiddelde windsnelheid en -richting uit de laatste halfuurlijkse METAR van Schiphol.

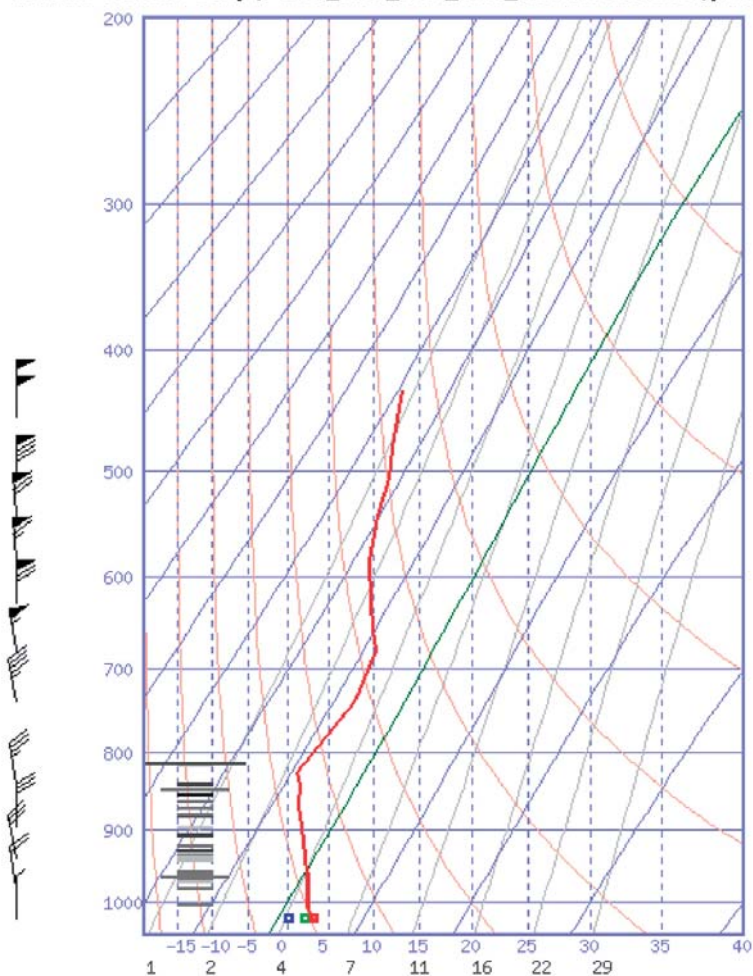
De Syntemp wordt gepresenteerd in een zogeheten Bijvoet diagram. Zie voorbeeld in figuur 8: 1 februari 2005, 08.00 UTC.

De wolkenbasis en -hoeveelheid zijn in het diagram toegevoegd in de vorm van grijze streepjes links: de lengte stelt het aantal stations voor die op die hoogte een wolkenbasis heeft, en de grijstint geeft aan hoe bewolkt het er gemiddeld was. Een korte donkergrijze balk betekent dan dat 1 station overcast gaf. Een lange lichtgrijze betekent dat meerdere stations lichte bedekkingsgraad van wolken op die hoogte meldden.

Een serie van korte balken dicht boven elkaar betekent dat de stations (waarschijnlijk) dezelfde bewolking maar met verschillende wolkenbasishoogten rapporteerden.

Zie: <http://info.knmi.nl/~holleman/syntemp.html>


AMDAR+METAR temp: SYN_AMS_PRF_01H_200502010800.pTrdf



Figuur 8. Voorbeeld Syntemp
(1 februari 2005, 08.00 UTC)

Literatuur

- Gecombineerde weergave van AMDAR en METAR: de eerste stap naar de Synthetische Temp, Oscar van der Velde, Iwan Holleman, Jitze van der Meulen, Sylvia Barlag; KNMI Intern Rapport IR-2003-03, KNMI, De Bilt, 2003, ref.14;
- Eumetnet programma: <http://www.eumetnet.eu.org/contamdar.html>; "The objective of the EUMETNET-AMDAR (E-AMDAR) Programme is to serve EUCOS requirements for additional upper air measurements of wind and temperature and to maximise the efficiency/cost ratio of implementing AMDAR (Aircraft Meteorological Data Relay) systems for EUMETNET Participants by reducing duplication in the use of resources and seeking to meet requirements in the most cost-effective manner";
- <http://www.knmi.nl/~meulenvd/eumetnet/E-Amdar/OEVC/index.html>
- Codebeschrijving van de AMDAR, KNMI - Handboek Meteorologische Codes: <http://info.knmi.nl/wm-ow/algdoc/codebeheer/handboek.htm> Handboek Meteorologische Codes => Internationale codes => AMDAR (document .doc of .pdf), versie 5.0, P.Y. de Vries, januari 2000; {-> BIJLAGE}
- WMO no.8, Guide to meteorological instruments and methods of observations, 6th edition, Part II, Observing systems, chapter 3, Aircraft observations, WMO, Genève, 1996; (ref.21)
- WMO no.958, Aircraft Meteorological DATA Relay (AMDAR), Reference manual, WMO, Genève, 2003; (ref.22)



3.2 onderhoud- en calibratieprocedures

De onderhoud- en calibratieprocedures zijn vastgelegd in het ISO-9001 kwaliteitssysteem Operationeel Handboek Instrumentele afdeling van INSA, in het bijzonder de procedurebeschrijvingen in par. 2.2.3, Beheersprocedure preventief onderhoud, en par. 2.2.5, Uitvoeren van IJkingen

<http://info.knmi.nl/mi-insa/iso/isoinh.html>

De (her-)ijking van de operationeel gebruikte c.q de te gebruiken instrumenten geschiedt in het IJklaboratorium van het KNMI. (ref.7)

4.Procedures

4.1 procedures bij uitval

Uitval van radiosondedata kan optreden in het geval van een defect in de ontvangstapparatuur (bijv. door blikseminslag). In een dergelijke situatie geschiedt herstel direct en conform richtlijnen van de Sector WA.

4.2 procedures voor achteraf validatie

De afdeling WM/OD is verantwoordelijk voor de validiteit van radiosondedata. Daartoe wordt na iedere oplating de ro'data gecontroleerd. De AMDAR-data wordt achteraf gevalideerd door het E-AMDAR Quality Evaluation Centre QEvC, welke gehuisvest is op het KNMI, afdeling WM/RW. (zie ook par.3.1.5). Er vindt (nog) geen systematische achteraf validatie plaats van de bovenlucht-data wind uit de radar, als ook niet van de SODAR-data.

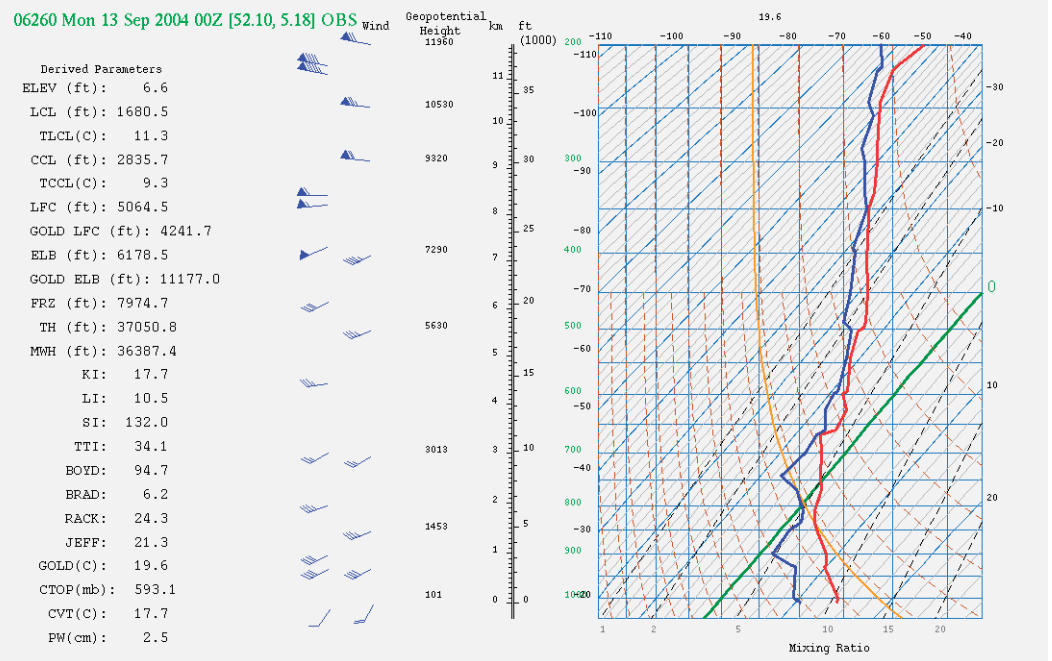
4.3 procedures voor inspectie

Voor bovenluchtmetingen bestaan (nog) geen specifieke inspectieprocedures. De functionarissen die verantwoordelijk zijn voor de ballonoplatting zijn er alert op dat de plaats van de ballonoplatting voldoet aan de criteria (par.6).

5. Herleiding parameters

Op basis van de ontvangen bovenlucht data wordt een aantal atmosfeer-indices berekend, die een cruciale rol (kunnen)spelen bij het formuleren van de weersverwachting. Het gaat veelal om indicatoren ten behoeve van het vaststellen van de mate van dynamiek en stabiliteit van de atmosfeer. Deze bepalen de detectie en kans op buien, onweer, hagel, zware windstoten, front-passages, etc. Bedoelde afgeleide parameters worden visueel gepresenteerd naast de grafische TEMP=plot op de Meteorologische Werkstations van het KNMI (fig.9):

<http://info.knmi.nl/wa/cwk/weer/temp.html>



Figuur 9. Temp-plot en afgeleide parameters

De Centrale Weerkamer van het KNMI gebruikt een aantal indices voor de bepaling van de mate van instabiliteit van de atmosfeer. Op basis van de waarden van deze indices kan onder meer de kans op onweersbuien en (zware) windstoten worden bepaald. De indexen worden berekend uit de gemeten bovenluchtparameters en kunnen op het Meteorologisch Werkstation MWS worden gepresenteerd. Belangrijke indices zijn de volgende:

1. K-index (K)
2. Rackliff index (RACK)
3. Jefferson index (T_j)
4. Modified Jefferson index (T_j')
5. Boyden index (I)
6. Lifted index (LI)
7. Totals Totals index (TT)
8. Bradbury index (BRAD of B)
9. Severe Weather Treat index (SWEAT)
10. Showalter index (S)
11. Convective Available Potential Energy (CAPE), Convective Inhibition (CIN)
12. Ivens index

1. *K_index*

formule: $K = (T_{850} - T_{500}) + TD_{850} - (T - TD)_{700}$

- T -> temperatuur,
- TD -> dauwpuntstemperatuur (afgeleid uit temperatuur en relatieve vochtigheid, zie hoofdstuk 4),
- subscript 850 en 500: gemeten op hoogten met resp. atmosferische druk 850 hPa en 500 hPa.

Gebruik:

- $K > 20$: grote kans op buien met onweer.
- $K > 40$: vrijwel 100% kans op onweer.
- $K > 30$: mogelijkheid tot vorming van Mesoscale Convective Complexes

K-index functioneert het best in het zomerhalfjaar bij convectief, niet-frontaal onweer. (bron: Onweer in Nederland, Landbouwwuniversiteit Wageningen, 2002, ref.10)

2. *Rackliff index*

formule: $RACK = Thetaw_{900} - T_{500}$

- T -> temperatuur,
- Thetaw -> potentiële natteboltemperatuur,
- subscript 900 en 500: gemeten op hoogten met resp. atmosferische druk 900 hPa en 500 hPa.

Gebruik:

- $RACK > 25$: een enkele bui
- $RACK = / > 29$: buien met onweer mogelijk
- $RACK > 30$: onweer waarschijnlijk

Vooral geschikt voor convectief massa-onweer. In de praktijk voldoet $Thetaw_{850}$ ook goed.

3. *Jefferson index*

formule: $T_j = 1,6 Thetaw_{900} - T_{500} - II$

- T -> temperatuur,
- Thetaw -> potentiële natteboltemperatuur,
- subscript 900 en 500: gemeten op hoogten met resp. atmosferische druk 900 hPa en 500 hPa.

Gebruik:

- $T_j > 26$: onweer waarschijnlijk
- $T_j > 30$: significante buien met onweer

Index vooral geschikt voor convectief massa-onweer.

4. *Modified Jefferson index*

formule: $T_j' = 1,6 \times Thetaw_{900} - 0,5 \times D_{700} - II$

- D -> dauwpuntsdepressie (afgeleid uit temperatuur en relatieve vochtigheid, zie hoofdstuk 4),
- Thetaw -> potentiële natteboltemperatuur,
- subscript 900 en 700: gemeten op hoogten met resp. atmosferische druk 900 hPa en 700 hPa.

Gebruik:

- $T_j > 27$: onweer waarschijnlijk
- $T_j > 30$: significante buien met onweer

Index vooral geschikt voor convectief massa-onweer.

5. Boyden index

formule: $I = (Z_{700} - Z_{1000}) \cdot T_{700} - 200$

- T -> temperatuur,
- Z-verschil: laagdikte (decameter)
- subscripts 1000 en 700: gemeten op hoogten met resp. atmosferische druk 1000 hPa en 700 hPa.

Gebruik:

- $I = 94$: drempelwaarde
- $I > 94$: kans op onweer
- $I \neq 95$: onweer waarschijnlijk

Boyden-index functioneert het best bij frontaal- en trogonweer in het winter-halfjaar. (bron: Onweer in Nederland, Landbouwniversiteit Wageningen, 2002, ref.10)

6. Lifted index

formule: $LI = T_{500} - T_{p_{500}}$

- T -> temperatuur,
- T_p = temperatuur luchtdeeltje* ,
- subscript 500: gemeten op hoogte met atmosferische druk 500 hPa.

* Bepaling $T_{p_{500}}$ (temperatuur luchtdeeltje op 500 hPa):

bepaal in onderste 100 hPa snijpunt van gemiddelde mengverhoudingslijn en droogadiabaat behorende bij de maximumtemperatuur; ga vandaar via nat-adiabaat naar 500 hPa.

Gebruik:

- $LI \leq -6$: kans op windhozen
- $LI \leq -3$: zwaar onweer
- $LI < -2$: kans op zwaar onweer
- $LI < +3$: buien, mogelijk met onweer ($LI > +2$: vrij kleine kans op zwaar onweer)

7. Totals totals index

formule: $TT = T_{850} - T_{500} + TD_{850} - T_{500} \rightarrow$
 $TT = T_{850} + TD_{850} - 2 \times T_{500}$

- T: temperatuur,
- TD: dauwpuntstemperatuur (afgeleid uit temperatuur en relatieve vochtigheid, zie hoofdstuk 4),
- subscripts 850 en 500: gemeten op hoogten met resp. atmosferische druk 850 hPa en 500 hPa.

Gebruik:

- $TT > 44$: grens van potentieel zwaar onweer.
- $TT > 50$: kans op vorming van Mesoscale Convective Complexes.
- $TT > 60$: veel losse onweersbuien, enkele zware complexen mogelijk met tornado's.

Index gebruikt in VS, waarschijnlijk niet geschikt in West-Europa.

8. Bradbury index

formule: $BRAD = Thetaw_{500} - Thetaw_{850}$

- Thetaw -> potentiële natteboltemperatuur,
- subscripts 850 en 500: gemeten op hoogten met resp. atmosferische druk 850 hPa en 500 hPa.

Ook wel genoemd Potentiële Onstabyliteitsindex

Gebruik:

- $BRAD = / < -2$: (zomer) onweer waarschijnlijk
- $BRAD = / < +3$: (winter) onweer waarschijnlijk
- $BRAD = < +3$ in combinatie met cyclonaal 500-patroon: onweer

Hoe kleiner index, hoe groter onstabyliteit.

9. Severe weather threat index (SWEAT)

Formule voor operationeel gebruik:

$$SWEAT = 12 \times TD_{850} + 20 \times (TT - 49) + 2 \times 1,94 FF_{850} + 1,94 FF_{500} + 125 \times (S + 0,2)$$

Zie: http://info.knmi.nl/wa/drefbo_new/drefbo_htm/indices.htm

- TT : Totals totals index (zie boven),
- TD : dauwpuntstemperatuur (afgeleid uit temperatuur en relatieve vochtigheid, zie hoofdstuk 4),
- FF: gemiddelde windsnelheid (in knopen),
- $S = \sin(DD_{500} - DD_{850})$,
- DD: gemiddelde windrichting,
- subscripts 850 en 500: gemeten op hoogten met resp. atmosferische druk 850 hPa en 500 hPa.

1e term = 0 als $TD_{850} < 0$,

2e term = 0 als $TT < 0$,

$S = 0$ als aan één van de volgende voorwaarden niet is voldaan:

- DD_{850} tussen 130 - 250 graden.
- DD_{500} tussen 210 - 310 graden.
- $DD_{500} - DD_{850} > 0$.
- FF_{850} en FF_{500} beiden > 15 knopen

Gebruik:

- $SWEAT > 300$: zware onweersbuien beginnen voor te komen.
- $SWEAT > 400$: Tornado vorming begint op te treden.

10. Showalter index

formule: $S = T_{500} - T_p$

- T -> temperatuur,
- T_p = temperatuur luchtdeeltje* ,
- subscript 500: gemeten op hoogte met atmosferische druk 500 hPa.

* Bepaling T_p (temperatuur luchtdeeltje op 850 hPa), bepaal optillingscondensatieniveau voor deeltje op 850 hPa (temperatuur in dat punt = T_p). Ga vandaar nat-adiabatisch omhoog tot snijpunt met 500 hPa (= T_{500}).



Gebruik:

- $S < +3$: buien, mogelijk met onweer
- $S < 0$: onweer waarschijnlijk
- $S = / < -3$: zware onweersbuien waarschijnlijk
- $S = / < -6$: kans op windhozen

11. *Convective Available Potential Energy (CAPE), Convective Inhibition (CIN)*
CAPE (Convective Available Potential Energy) is een maatstaf voor de maximaal haalbare opwaartse stijgsnelheid van een luchtpakket in het geval dit pakket het niveau van vrije convectie kan bereiken. Hierbij wordt de potentiële energie berekend door verticale integratie in de zone tussen het niveau van vrije convectie (LFC) en het niveau van neutraal drijfvermogen buoyancy (LNB). Op het LFC-niveau wordt de temperatuur van de omgeving lager dan die van het luchtpakket en krijgt het pakket een opwaartse kracht. Op het LNB niveau heeft het pakketje weer dezelfde temperatuur als de omgeving en verdwijnt de opwaartse kracht. De opwaartse kracht is een gevolg van het dichtheidsverschil, d.i. verschil in virtuele temperatuur(T_v)³, tussen luchtpakket en omgeving.

$$CAPE = g \int_{LFC}^{LNB} \{ (T_v \text{ deeltje} - T_v \text{ omgeving}) / T_v \text{ omgeving} \} dz$$

De standaard berekening is gebaseerd op de meetgegevens met betrekking tot de mengverhouding en de potentiële temperatuur θ . Zie referenties Holton (1992) (ref.15), Holleman (2001) (ref.12) en Van der Velde c.s (2003) (ref.14). Bij omzetting van de potentiële energie in kinetische energie volgt uit CAPE voor de (maximaal haalbare) opwaartse verticale snelheid:

$$W = \sqrt{2 * CAPE}$$

De CIN-index (CIN: Convective Inhibition) wordt gebruikt voor de kans van het ontstaan van convectie. Feitelijk wordt de barrière voor het ontstaan van convectie berekend, voor de uitkomst waarvan een min-teken wordt geplaatst:

$$CIN = -g \int_{LCL}^{LFC} \{ (T_v \text{ deeltje} - T_v \text{ omgeving}) / T_v \text{ omgeving} \} dz$$

LCL: lifting condensation level (d.i. de hoogte in ft. tot waar een luchtpakket door externe invloed moet worden opgetild om qua waterdamp verzadigd te raken)

12. *Ivens index*

De methode Ivens wordt operationeel gebruikt om de kans op windstoten en de grootte ervan te berekenen. Deze methode heeft een belangrijke functie in het kader van de weersverwachting (nowcasting) en kan zowel gebruik maken van (grond – en bovenlucht-) waarnemingen als van modelgegevens. De formule is ontwikkeld op basis van 2 multiple regression vergelijkingen die afgeleid zijn uit een groot aantal cases in de periode 1980 – 1983.

³ De virtuele temperatuur T_v van een hoeveelheid lucht plus waterdamp is de theoretische temperatuur van geheel droge lucht met dezelfde druk en dichtheid als de gemengde hoeveelheid vochtige lucht, benaderingsformule: $T_v \approx \{1+0,61w\} * T$ (T: gemeten temperatuur, w: mengverhouding in kg/ kg.)

De 2 vergelijkingen voor de bepaling van de maximale windsnelheid (windstoot) F_x (m/s) zijn:

- Als $T_x - \theta_{w850} < 9 \text{ }^\circ\text{C}$:

$$F_x = 7,66 + 0,653 (\theta_{w850} - \theta_{w500}) + 0,976 U_{850}$$

- Als $T_x - \theta_{w850} \geq 9 \text{ }^\circ\text{C}$:

$$F_x = 8,17 + 0,473 (\theta_{w850} - \theta_{w500}) + (0,174 \cdot U_{850} + 0,057 \cdot U_{250}) \cdot \sqrt{(T_x - \theta_{w850})}$$

T_x : maximum dagtemperatuur (1,5 meter boven aardoppervlak) (K)

θ_{w850} : potentiële natteboltemperatuur (K) op hoogte 850 hPa

θ_{w500} : idem op hoogte 500 hPa

U_{850} : gemiddelde windsnelheid (m/s) op hoogte 850 hPa

U_{250} : idem op hoogte 250 hPa

Informatiebronnen:

- <http://info.knmi.nl/wa/mws/onweer.htm#Kindex>
- http://info.knmi.nl/wa/drefbo_new/drefbo_hm/indices.htm

Literatuur:


- Estimation of the maximum velocity of convective windgusts, I. Holleman, Internal report, KNMI IR-2001-02, KNMI, De Bilt, 2001, ref. 12;
- Naar een statistische aanpak bij het voorspellen van gevaarlijk weer met behulp van gevaarlijk weer indices, Kok, C.J., Westrhenen, R. van, Bruijn, C. de, KNMI memorandum WM-02-05, KNMI, De Bilt, 2001, ref. 13;
- Gecombineerde weergave van AMDAR en METAR: de eerste stap naar de Synthetische Temp, Oscar van der Velde, Iwan Holleman, Jitze van der Meulen, Sylvia Barlag; KNMI Intern Rapport IR-2003-03, KNMI, De Bilt, 2003, ref.14
- An introduction to dynamic meteorology; J.R.Holton; Academic Press, 3rd edition, 1992; ref. 15;
- Forecasting the maximum wind velocity in squalls, R.A.A.M. Ivens, Symp. Mesoscale Analysis and forecasting, ESA, 685–686, 1987, ref. 16

6. Opstellingseisen en omgevingscondities

De plaats van de ballonoplatings is gebonden aan de volgende conditie. Er mogen geen obstakels (bomen, gebouwen, elektriciteitskabels, masten, enz.) in de nabijheid van de vulhut/lanceerplek zijn die de oplating bij bepaalde windrichting en windsnelheid zouden kunnen verstoren. De vereiste afstand tot dergelijke obstakels is tenminste 5 x de obstakelhoogte. De ballonoplater beoordeelt bij extreme windsnelheden of oplating gelet op eventuele obstakels verantwoord is. Zo nodig zoekt hij/zij, te eigener beoordeling een, onder de gegeven omstandigheden, meer geschikte plek voor de oplating. {zie: WMO no.8, *Guide to meteorological instruments and methods of observations*, 6th edition, Part II, *Observing systems*, chapter 10, *Balloon Techniques*, WMO, Genève, 1996; *ihb par.10.3, handling balloons, ref.11*}

Referenties

1. WMO no.8, Guide to meteorological instruments and methods of observations, 6th edition, (chapter 12, Measurement of upper air pressure, temperature and humidity), WMO, Genève, 1996;
2. WMO no.8, Guide to meteorological instruments and methods of observations, 6th edition, (chapter 13, Measurement of upper wind), WMO, Genève, 1996;
3. WMO no.544, Manual on the Global Observing System, WMO, Genève, 1981;
4. WMO no.182, International Meteorological Vocabulary, WMO, Genève, 1992;
5. Het Internationale Stelsel van Eenheden (SI), Nederlands Meetinstituut NMI, Delft, 1994;
6. Basisontwerp Vernieuwing Operationeel Klimatologisch Informatiesysteem VOKIS, KNMI-document, 1992;
7. ISO-9001 kwaliteitsstelsel Operationeel Handboek Instrumentele afdeling van INSA, ihb Calibratieprocedures van het KNMI-IJklaboratorium, A. van Londen, Insa/IO, KNMI, De Bilt, 1994;
8. Doppler radar wind profiles, Iwan Holleman, KNMI Scientific Report WR-2003-02, De Bilt, 2003;
9. On the analysis of single Doppler radar data, P.Waldteufel en H.Corbis, J.Appl. Meteor.,Vol.18, p.532-542, 1979;
10. Onweer in Nederland, Landbouwwuniversiteit Wageningen, 2002;
11. WMO no.8, Guide to meteorological instruments and methods of observations, 6th edition, Part II, Observing systems, chapter 10, Balloon Techniques, WMO, Genève, 1996;
12. Estimation of the maximum velocity of convective windgusts, I. Holleman, Internal report, KNMI IR-2001-02, KNMI, De Bilt, 2001;
13. Naar een statistische aanpak bij het voorspellen van gevaarlijk weer met behulp van gevaarlijk weer indices, Kok, C.J., Westrheden, R. van, Bruijn, C. de, KNMI memorandum WM-02-05, KNMI, De Bilt, 2001;
14. Gecombineerde weergave van AMDAR en METAR: de eerste stap naar de Synthetische Temp, Oscar van der Velde, Iwan Holleman, Jitze van der Meulen, Sylvia Barlag; KNMI Intern Rapport IR-2003-03, KNMI, De Bilt, 2003;
15. An introduction to dynamic meteorology; J.R.Holton; Academic Press, 3rd edition, 1992;
16. Forecasting the maximum wind velocity in squalls, R.A.A.M. Ivens, Symp. Mesoscale Analysis and forecasting, ESA, 685-686, 1987;
17. Development of VHF/UHF windprofilers and vertical sounders for use in European observing systems, Rapport, COST 76, p. 7.1.5, SODAR, pag. 274-281, november 2001;
18. SODAR Market research, An investigation into possibilities and options regarding lower-atmosphere wind measurements for Schiphol Airport; H.I. Bloemink; Instrumentation Division; Royal Netherlands Meteorological Institute (KNMI); maart 2004;
19. KNMI - Handboek Meteorologische Codes;
<http://info.knmi.nl/wm-ow/algdoc/codebeheer/handboek.htm>
Handboek Meteorologische Codes => Internationale codes => TEMP
(document .doc of .pdf), versie 5.0, P.Y. de Vries, januari 2000;
20. KNMI - Handboek Meteorologische Codes;
<http://info.knmi.nl/wm-ow/algdoc/codebeheer/handboek.htm>
Handboek Meteorologische Codes => Internationale codes => AMDAR
(document .doc of .pdf), versie 5.0, P.Y. de Vries, januari 2000;
21. WMO no.8, Guide to meteorological instruments and methods of observations, 6th edition, Part II, Observing systems, chapter 3, Aircraft observations, WMO, Genève, 1996;

- 
22. WMO no.958, Aircraft Meteorological DATA Relay (AMDAR), Reference manual, WMO, Genève, 2003;
 23. Precipitation motion by pulse Doppler radar, R.M. Lhermitte and D.Atlas, 9th conference on Radar Meteorology, AMS, p.218-223, 1961;
 24. The determination of kinematic properties of a wind field using Doppler radar, K.A.Browning and R.Wexler; J.Appl.Meteor., vol.7, p.105-113; 1968;
 25. Upper air wind measurements by weather radar, I. Holleman, H. Benschop, and J. van der Meulen , paper WMO Technical Conference TECO-2005, Boekarest, mei 2005;
 26. Quality control and verification of weather radar wind profiles, I. Holleman, J. Atmos. Ocean. Technol., 2005.

Bijlage I: TEMP-code

- FM 35-IX TEMP - Druk, temperatuur, vochtigheid en windrapport van de bovenlucht van een vast landstation
- FM 36-IX TEMP SHIP - Druk, temperatuur, vochtigheid en windrapport van de bovenlucht van een zeestation
- FM 37-VII TEMP DROP - Druk, temperatuur, vochtigheid en windrapport van de bovenlucht van een sonde neergelaten uit draagballonnen of vliegtuigen
- FM 38-IX TEMP MOBIL - Druk, temperatuur, vochtigheid en windrapport van de bovenlucht van een mobiel landstation

De codenaam TEMP, TEMP SHIP, TEMP DROP of TEMP MOBIL geeft de aard en afkomst van het betreffende rapport aan. Van toepassing voor het KNMI (station De Bilt):
FM 35-IX TEMP

De codering voor delen A t.m. D is als volgt (een deel representeert een verzameling niveaus zie):
<http://info.knmi.nl/wm-ow/algdoc/codebeheer/handboek.htm>
Handboek Meteorologische Codes => Internationale codes => TEMP (document .doc of .pdf), versie 5.0, P.Y. de Vries, januari 2000;

DEEL A

SECTIE 1 - $M_i M_j M_k M_l D \dots D^{**} YGGI_d$

{ Iiii*
{ of
{ 99L_aL_aL_a Q_cL_oL_oL_o MMMU_{la}U_{lo}*** h_oh_oh_oi_m****

SECTIE 2 - $99P_o P_o P_o T_o T_o T_o D_o D_o d_o d_o f_o f_o f_o$

$P_i P_i h_i h_i h_i T_i T_i T_i D_i D_i d_i d_i f_i f_i f_i$
.....
 $P_n P_n h_n h_n h_n T_n T_n T_n D_n D_n d_n d_n f_n f_n f_n$

SECTIE 3 - $88P_t P_t P_t T_t T_t T_t D_t D_t d_t d_t f_t f_t f_t$

of
88999

SECTIE 4 - $77P_m P_m P_m$ }
of } $d_m d_m f_m f_m f_m (4v_b v_b v_a v_a)$
 $66P_m P_m P_m$ }
of
77999

SECTIE 7 - $31313 s_r r_a s_a s_a 8GGgg 9s_n T_w T_w T_w$

SECTIE 9 - 51515 }
 52525 }
..... } Regionaal te ontwikkelen codegroepen *****
 59595 }

SECTIE 10 - 61616 }
 62626 }
 } Nationaal te ontwikkelen codegroepen *****
 69696 }

DEEL B

SECTIE 1 - $M_i M_j M_k M_l D \dots D^{**} Y Y G G a_4$
 { Iiiii*
 { of
 { $99L_a L_a L_a Q_c L_o L_o L_o L_o M M M U_{L_a} U_{L_o}^{***} h_o h_o h_o i_m^{*****}$

SECTIE 5 - $n_o n_o P_o P_o P_o T_o T_o T_o D_o D_o$
 $n_i n_i P_i P_i P_i T_i T_i T_i D_i D_i$

 $n_n n_n P_n P_n P_n T_n T_n T_n D_n D_n$

SECTIE 6 - 21212 $n_o n_o P_o P_o P_o d_o d_o d_o d_o$
 $n_i n_i P_i P_i P_i d_i d_i d_i d_i$

 $n_n n_n P_n P_n P_n d_n d_n d_n d_n$

SECTIE 7 - 31313 $s_r r_a r_a s_a s_a 8 G G g g 9 s_n T_w T_w T_w$

SECTIE 8 - 41414 $N_h C_l h C_m C_h$

SECTIE 9 - 51515 }
 52525 }
 } Regionaal te ontwikkelen codegroepen *****
 59595 }

SECTIE 10 - 61616 }
 62626 }
 } Nationaal te ontwikkelen codegroepen *****
 69696 }

DEEL C

SECTIE 1 - $M_i M_j M_k M_l D \dots D^{**} Y Y G G I_d$
 { Iiiii*
 { of
 { $99L_a L_a L_a Q_c L_o L_o L_o L_o M M M U_{L_a} U_{L_o}^{***} h_o h_o h_o i_m^{*****}$

SECTIE 2 - $P_i P_i h_i h_i h_i T_i T_i T_i D_i D_i d_i d_i d_i d_i$

 $P_n P_n h_n h_n h_n T_n T_n T_n D_n D_n d_n d_n d_n d_n$

SECTIE 3 - 88P_iP_iP_i T_iT_iT_iD_iD_i d_id_id_id_i
 of
 88999

SECTIE 4 - 77P_mP_mP_m }
 of } d_md_mf_mf_mf_m (4v_bv_bv_av_a)
 66P_mP_mP_m }
 of
 77999

SECTIE 7 - 3I3I3 s_rr_ar_as_as_a 8GGgg 9s_nT_wT_wT_w

SECTIE 9 - 5I5I5 }
 52525 }
 } Regionaal te ontwikkelen codegroepen *****
 59595 }

SECTIE 10 - 6I6I6 }
 62626 }
 } Nationaal te ontwikkelen codegroepen *****
 69696 }

DEEL D

SECTIE 1 - M_iM_iM_jM_j D....D** YGGG/

{ Iiii*
 { of
 { 99L_aL_aL_a Q_cL_oL_oL_o MMMU_{La}U_{Lo}*** h_oh_oh_oi_m*****

SECTIE 5 - n_in_iP_iP_iP_i T_iT_iT_{ai}D_iD_i

 n_nn_nP_nP_nP_n T_nT_nT_{an}D_nD_n

SECTIE 6 - 2I2I2 n_in_iP_iP_iP_i d_id_if_if_if_i

 n_nn_nP_nP_nP_n d_nd_nf_nf_nf_n

SECTIE 7 - 3I3I3 s_rr_ar_as_as_a 8GGgg 9s_nT_wT_wT_w

SECTIE 9 - 5I5I5 }
 52525 }
 } Regionaal te ontwikkelen codegroepen *****
 59595 }

SECTIE 10 - 6I6I6 }
 62626 }
 } Nationaal te ontwikkelen codegroepen *****
 69696 }

NOOT: * : Wordt gebruikt in FM 35-IX
 ** : Wordt gebruikt in FM 36-IX en FM 38-IX
 *** : Wordt gebruikt in FM 36-IX, FM 37-VII en FM 38-IX
 **** : Wordt gebruikt in FM 38-IX
 ***** : De kencijfergroepen 55555 en 66666 in de secties 9 en 10 worden niet gebruikt



Beschrijving CODE INDELING PER SECTIE en INTERNATIONALE CODE
TABELLEN TEMP CODES

<http://info.knmi.nl/wm-ow/algdoc/codebeheer/handboek.htm>

Handboek Meteorologische Codes => Internationale codes => TEMP (document .doc of .pdf), versie 5.0, P.Y. de Vries, januari 2000.

Bijlage II: AMDAR-code

FM 42-IX AMDAR - Vliegtuigrapport, Aircraft Meteorological DATA Relay

CODE INDELING PER SECTIE

SECTIE 1 - Codenaam en datum-tijd

AMDAR YYGG

SECTIE 2 - Vluchtfase, vliegtuigidentificatie, positie, waarnemingstijd, hoogte van het drukvlak, temperaturen, wind, turbulentie en systeemparameters

$i_p i_p I_A \dots I_A L_a L_a L_a L_a L_o L_o L_o L_o B$ YYGGgg $S_h h_1 h_1 h_1$

$SST_A T_A T_A$ $\begin{cases} SST_d T_d T_d \\ \text{of} \\ UUU \end{cases}$ ddd/fff $TBB_A S_{s_1} s_2 s_3$

SECTIE 3 - Hoogte van de drukvlakken en verticale gust

Deze sectie wordt opgenomen in AMDAR-rapporten indien het ACARS-systeem in gebruik is.

333 $Fh_d h_d h_d VGf f f_g$

De gedetailleerde codebeschrijving van de AMDAR maakt deel uit van het KNMI - Handboek Meteorologische Codes:
<http://info.knmi.nl/wm-ow/algdoc/codebeheer/handboek.htm> Handboek Meteorologische Codes => Internationale codes => AMDAR (document .doc of .pdf), versie 5.0, P.Y. de Vries, januari 2000;
Zie aldaar.

Bijlage III

Gegevens ballonnen en radiosondes

<http://info.knmi.nl/wm-ow/algdoc/aerologie/radiosonde.htm>

=> *Aërologische waarnemingen met behulp van een radiosonde*, R.Rothe, KNMI/WM/OD, juli 1998

Ballon type TA200 (200 gram) gemiddelde hoogte 17 kilometer

Ballon type TA350 (350 gram) gemiddelde hoogte 25 kilometer

Ballon type TA1000 (1000 gram) (lente/zomer) gemiddelde hoogte
32 kilometer

Ballon type TX1200 (1200 gram) (winter en extreme koude) gemiddelde
hoogte 33 kilometer

Gemiddelde stijgsnelheid 350 meter/min

Vulling: heliumgas

Gewicht:	sonde type RS90-AL	= 220 gram
	sonde type RS80-18LE	= 240 gram (t.b.v. ozonmeting)
	sonde type RS90-AG	= 260 gram
	sonde type RS80-30GE	= 280 gram (t.b.v. ozonmeting)
	ozonsonde ECC A6	= 830 gram

De leveranciers zijn :

De ballonnen TOTEX:

TOTEX CORPORATION, Tokyo, Japan

Leverancier voor Europa,

FLOWTRONIC N.V.

Rue J.H. Cool 19A

B-4840 Welkenraedt, België

Tel. : + 32 (0) 87 89 97 99

Fax.: + 32 (0) 87 89 97 90

Gas:

Hoek Loos B.V.

Havenstraat 1

Postbus 78

3100 AB Schiedam.

Tel. : (010) 246 16 16

Fax. : (010) 246 16 00

Radiosonde Ontvanger + Sondes(radio) RS80* + Interface (RSA11):

VAISALA U.A.D OY

Vanha Nurmijarventie 21

01670 Vantaa

Helsinki, Finland

P.O. Box 26

Fin_00421 Helsinki, Finland

OZONsondes:

Science Pump Corporation

1431 Ferry Ave.

CAMDEN, NJ 08104, U.S.A.

Tel. : + 1 609 963 77 00

Fax. : + 1 609 964 89 77

Inhoud

Hoofdstuk 13. Bovenlucht wind

- i. Opmerking 13 - 1



13. Bovenlucht wind

1. Opmerking

Zie hoofdstuk 12, Bovenlucht waarnemingen temperatuur, vocht en druk
De huidige bovenlucht waarnemingen zijn altijd een combinatie van temperatuur, vochtigheid, druk én windwaarnemingen. Het is dan ook niet meer zinvol om een duidelijk onderscheid te maken tussen de bovenlucht waarnemingen voor druk, temperatuur en vochtigheid (PTU) en bovenlucht waarnemingen wind (W). Alle informatie over windwaarnemingen in de bovenlucht staat daarom vermeld in hoofdstuk 12 van dit handboek.

13. Bovenlucht wind

1. Opmerking

Zie hoofdstuk 12, Bovenlucht waarnemingen temperatuur, vocht en druk
De huidige bovenlucht waarnemingen zijn altijd een combinatie van temperatuur, vochtigheid, druk én windwaarnemingen. Het is dan ook niet meer zinvol om een duidelijk onderscheid te maken tussen de bovenlucht waarnemingen voor druk, temperatuur en vochtigheid (PTU) en bovenlucht waarnemingen wind (W). Alle informatie over windwaarnemingen in de bovenlucht staat daarom vermeld in hoofdstuk 12 van dit handboek.

Inhoud

Hoofdstuk 14, Actueel en verleden weer

- 1. Beschrijving 14-1
 - 1.1 Benaming van de grootheden 14-1
 - 1.2 Definities, omschrijving van de begrippen 14-1
 - 1.3 eenheden 14-2
 - 1.4 elementcodes 14-3
- 2. Operationele eisen 14-13
 - 2.1 Bereik 14-13
 - 2.2 Waarneemresolutie in verband met berichtgeving 14-13
 - 2.3 Vereiste meetonzekerheid 14-13
 - 2.4 Vereiste waarneemfrequentie 14-13
 - 2.5 Vereiste dataaanwezigheid per specifieke periode 14-14
- 3. Instrumenten en techniek 14-15
 - 3.1 Techniek en specificaties 14-15
 - 3.2 Onderhoud- en calibratieprocedures 1-18
- 4. Procedures 14-19
 - 4.1 Procedures bij uitval automatische waarnemingen 14-19
 - 4.2 Validatieprocedures weercode AUTO-KLIM 14-19
 - 4.3 procedures voor inspectie 14-20
- 5. Herleiding van parameters: Weercodegenerator uit metingen automatisch weerstation 14-23
 - 5.1 Basisgegevens 14-23
 - 5.2 Criteria 14-23
 - 5.3 PW-code neerslagsoort 14-24
 - 5.4 Weercodegenerator 14-25
- 6. Opstellingseisen en omgevingscondities 14-31
 - 6.1 Opstellingseisen en -voorzieningen 14-31
 - 6.2 Condities m.b.t. omgeving en meetlocatie, c.q. representativiteit waarnemingen 14-31
- Referenties 14-33



14 Actueel en verleden weer

1. Beschrijving

1.1 Benaming van de grootheden

Algemene benamingen: Actueel Weer en Verleden Weer
Internationale aanduiding conform WMO, (zie WMO-No. 8, ref. 1):
Present Weather en Past Weather

1.2 Definities, omschrijving van de begrippen

De term 'weer' zoals die wordt gehanteerd bij waarnemingen heeft betrekking op die waarnemingen van de toestand van de atmosfeer en weersverschijnselen, die niet als kwantitatieve grootheden kunnen worden gemeten. Deze waarnemingen betreffen dus kwalitatieve beschrijvingen van verschijnselen, die in de atmosfeer zijn waargenomen of op het aardoppervlak. Neerslagsoort, bijzondere optische of elektrische verschijnselen zijn hiervan de bekendste voorbeelden.

De voornaamste weerparameters in dit verband worden hieronder beschreven.

- *Neerslag (precipitation)*: vloeibare en/ of vaste waterdeeltjes (hydrometeoren) die door de atmosfeer vallen en afkomstig zijn uit wolken c.q. door de wind opgeblazen zijn vanaf het aardoppervlak c.q. afkomstig zijn van voorwerpen op de grond of in de vrije lucht. Genoemd kunnen worden: regen (al dan niet onderkoeld), motregen (idem), hagel, sneeuw, ijsregen, motsneeuw, e.a. De neerslag kan zich op 2 manieren manifesteren: neerslag van tijd tot tijd (regenbuien, sneeuwbuien, hagel) en continue neerslag. Binnen deze 2 uitingen zijn weer allerlei gradaties mogelijk: zwaar, matig, licht. Uiteindelijk hebben al deze onderverdelingen hun weerslag gevonden in de codenummering (zie par. 1. 4).
- *Mist of nevel*: idem, doch het betreft waterdeeltjes (hydrometeoren) die dichtbij het aardoppervlak in de atmosfeer blijven "hangen". Mist kan zich manifesteren als een verschijnsel dat een groot oppervlak bedekt of als mistbanken, dat wil zeggen losse "plukken" in het landschap;
- *Luchtverontreiniging of heigheid (rook)*: vloeibare en/ of vaste deeltjes (niet water: lithometeoren), bijvoorbeeld roetdeeltjes, die dichtbij het aardoppervlak in de atmosfeer blijven "hangen" en door de wind zijn opgeblazen vanaf het aardoppervlak c.q. afkomstig zijn van voorwerpen op de grond of in de vrije lucht.
- *Optische verschijnselen (lithometeoren)*: lichteffecten, die ontstaan door reflectie (spiegeling), refractie (breking), diffractie (verstrooiing) of interferentie van licht/ straling dat/die afkomstig is van de zon of de maan.
- *Elektrische ontladingen (elektrometeoren)*: uitingen van de atmosferische elektriciteit, zoals onweer en bliksem.

Voor meer detailinformatie over het waarnemen van het weer, zie referentie 1: WMO No.8, *Guide to meteorological instruments and methods of observations, Chapter 14, Present and past weather; state of the ground, World Meteorological Organization WMO.*

Behalve lokale optische en zeer bijzondere verschijnselen worden alle bovengenoemde weerparameters geregistreerd en verwerkt in het automatische meetnet van het KNMI. In bovengenoemde WMO-Guide worden ook de waarnemethodiek met betrekking tot de toestand van de grond beschreven, zoals sneeuwdek. De parameter 'sneeuwdek' wordt niet op de geautomatiseerde meteorologische waarnemstations gemeten, maar wel door de meer dan 300 vrijwillige waarnemers, die de dagelijkse neerslaghoeveelheid registreren. De met de hand gemeten dikte van het sneeuwdek en de mate van bedekking worden dagelijks tussen 8 en 10 UTC elektronisch aan het KNMI doorgegeven, waarna deze informatie onmiddellijk beschikbaar is. Deze waarnemers geven ook door of sprake was van hagel, hetgeen een goede aanvulling geeft op de automatische waarnemingen omdat hagel meestal een zeer lokaal verschijnsel is dat alleen met een netwerk met een zeer hoge dichtheid naar behoren kan worden geregistreerd.

In de meteorologische waarnemingen wordt het weer gerapporteerd in 2 vormen:

1. Actueel Weer (Present weather): dit betreft een beschrijving van de weersverschijnselen, gedurende de tijd van waarneming (10 minuten periode);
2. Verleden Weer (Past weather): dit betreft een beschrijving van de significante weersverschijnselen gedurende het afgelopen uur c.q. de afgelopen uren, doch niet ten tijde van de waarneming;

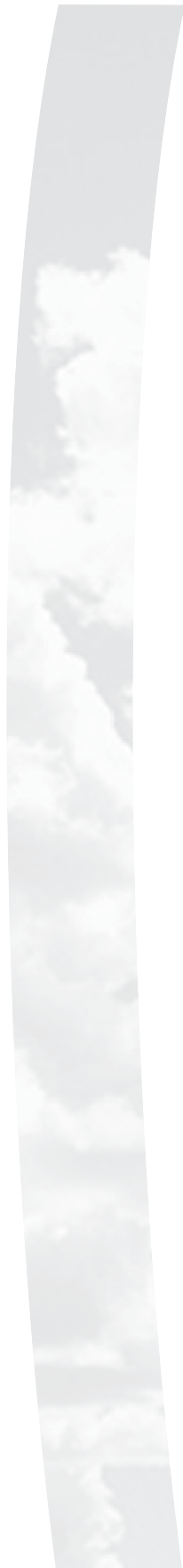
1.3 eenheden

Omdat sprake is van een kwalitatieve waarneming en dus niet van het meten van enige fysische grootte is het gebruik van eenheden in feite niet aan de orde. Echter voor de bepaling van de weercode, die geldt voor de diverse soorten weer en welke thans volledig geautomatiseerd worden evenwel meetinstrumenten gebruikt, die wel fysische grootheden meten, elk met hun eigen eenheid. In de navolgende tabel worden deze parameters vermeld met bijbehorende eenheid, welke conform het internationale stelsel van eenheden (SI) zijn (zie ref. 12, *Het Internationale Stelsel van Eenheden (SI)*, Nederlands Meetinstituut NMI, Delft, 1994)

Tabel 1: Input gegevens voor de weercode
(gebaseerd op een tijdvak van 10 minuten).

Parameter	Eenheid
luchttemperatuur	°C
natte bol temperatuur	°C
meteorologisch zicht, MOR	m
relatieve vochtigheid	%
totale bedekkingsgraad wolken	%
neerslagsoort	code
neerslagintensiteit neerslagmeter	mm/h
neerslagintensiteit PW sensor	mm/h
windsnelheid tbv Squall	m/s
bliksemontladingen 0-15 km	aantal
bliksemontladingen 15-20 km	aantal

De waarnemingen met betrekking tot present weather en past weather worden als kwalitatief gegeven gerapporteerd uitgedrukt in een nummercode in het



huidige alfanumerieke formaat. Deze code is tweecijferig, dat wil zeggen er is ruimte voor 2 cijfers. Dit houdt in dat maximaal 100 (0 t.m. 99) kwalificaties voor present weather beschikbaar zijn.

Ook de waarnemingen met betrekking tot past weather worden als kwalitatief gegeven gerapporteerd. Ook voor deze “waarden” wordt een vaste nummercode gehanteerd, doch deze is slechts ééncijferig, dat wil zeggen er is ruimte voor slechts 1 cijfer. Maximaal 10 (0 t.m. 9) kwalificaties zijn dus voor past weather beschikbaar.

In het bericht met betrekking tot weer in het afgelopen uur is wel ruimte voor 2 “past weather” gebeurtenissen, dus 2 cijfers voor successievelijke significante weersverschijnselen in het afgelopen uur c.q. de afgelopen uren.

Binnen enkele jaren zal de alfanumerieke geheel code worden vervangen door een binaire code (BUFR). Deze code biedt veel meer mogelijkheden voor het rapporteren van weersverschijnselen, maar het is niet de bedoeling dat deze code waarneeminformatie bevat, die uitsluitend is afgeleid uit (kwantitatieve) meetwaarden. Dit herleiden zal aan gebruikerszijde moeten plaatsvinden op basis van deze kwantitatieve gegevens.

1.4 elementcodes

De voorgeschreven alfanumeriek en binaire codes liggen vast in de Manual on Codes van de WMO (WMO-No. 306, zie ref. 25): Volume I: International codes, 1995; Volume II--Regional codes and national coding practices, 1998.

Deze Manual is beschikbaar op de WMO website

http://www.wmo.int/web/www/DPS/Manual_Codes.html

In Nederland behartigt de codecommissie de nederlandstalige uitgave van het handboek Meteorologische Codes (zie ref. 5), verkrijgbaar bij de Bibliotheek van het KNMI. Dit handboek is ook toegankelijk via de intranetsite van het KNMI:

<http://info.knmi.nl/wm-ow/algdoc/codebeheer/handboek.htm>

De relevante hoofdstukken hierbij zijn:

- *Internationale codes:*
SYNOP-AUTO, versie 7.0, november 2003, P.Y.de Vries;
SYNOP-VIS, versie 7.0, november 2003, P.Y.de Vries;
METAR-AUTO, versie 1.0, maart 2004, P.Y.de Vries;
METAR-VIS, versie 7.0, november 2003, P.Y.de Vries;
- *Nationale codes*
KLIM-AUTO, versie 7.0, november 2003, P.Y.de Vries;
KLIM-VIS, versie 7.0, november 2003, P.Y.de Vries.

1.4.1 code SYNOP-AUTO

De Nederlandse automatische meteorologische waarnemstations hanteren de volgende SYNOP-AUTO code voor de beschrijving van de weerelementen:

SECTIE 0 $M_i M_j M_k M_l Y Y G G_i I I i i i$

SECTIE 1 $i_k \overline{h} V V N d d f f I S_n T T T 2 s_n T_d T_d T_d 3 P_o P_o P_o P_o 4 P P P P$
 $5 a p p p 6 R R R r_r \overline{7 w_a w_a w_{a1} w_{a2}} 8 / / / /$

SECTIE 3 $3 3 3 I S_n T_x T_x T_x 2 s_n T_n T_n T_n 3 / s_n T_g T_g 7 R_{24} R_{24} R_{24} R_{24}$
 $\{8 N_s / h_s h_s\}^i (i=1,2,3) 9 S_p S_p S_p S_p$

SECTIE 5 $5 5 5 2 s_n T_n T_n T_n 4 s_n T_g T_g T_g \overline{5 S_p S_p S_p S_p}$

De SYNOP-AUTO code mbt de beschrijving van het weer is met een kader aangegeven.

Korte toelichting weerbeschrijvingen:

i_x

Indicator voor het soort station (manueel of AWS), en voor de actuele en verleden weergegevens (overige codecijfers hebben betrekking op bemande synoptische stations, welke niet voorkomen in Nederland)

Codecijfer:

- 5 groep $7w_a w_a W_{ar} W_{az}$ weggelaten: geen belangrijk weersverschijnsel te melden;
- 6 groep $7w_a w_a W_{ar} W_{az}$ weggelaten: niet waargenomen, gegevens niet beschikbaar;
- 7 groep $7w_a w_a W_{ar} W_{az}$ opgenomen, gebruik makend van codetabel 4680 en 4531.

$w_a w_a$

Actueel weer gemeld door een automatisch weerstation (AWS) volgens onderstaande tabel (codetabel 4680)

Codecijfer:

- 00 Geen weer van betekenis waargenomen (door de beschikbare instrumenten)
- 01 Bewolking over het algemeen afnemend wat de hoeveelheid }
en/of de dichtheid en/of de verticale ontwikkeling betreft } gedurende het
- 02 Uiterlijk van de lucht over het algemeen onveranderd } afgelopen uur
- 03 Bewolking over het algemeen toenemend wat de hoeveelheid }
en/of de dichtheid en/of de verticale ontwikkeling betreft }
- 04 Heiligheid of rook, of stof zwevend in de lucht, het zicht is gelijk aan of
meer dan 1 km
- 05 Heiligheid of rook, of stof zwevend in de lucht, het zicht is minder dan 1 km
- 10 Nevel
- 11 Ijsnaalden, ijsplaatjes
- 12 Elektrische ontlading op afstand (nationaal verschijnsel)
- 18 Langdurige, zware windstoten: "squalls"
- 20 Mist
- 21 NEERSLAG
- 22 Motregen (niet onderkoeld) of motsneeuw
- 23 Regen (niet onderkoeld)
- 24 Sneeuw
- 25 Onderkoelde regen of motregen
- 26 Onweer (met of zonder neerslag)
- 27 DRIFTSNEEUW OF OPWAAIEND ZAND
- 28 Driftsneeuw of opwaaierend zand, het zicht is gelijk aan of meer dan 1 km
- 29 Driftsneeuw of opwaaierend zand, het zicht is minder dan 1 km
- 30 MIST
- 31 Mist of ijsmist in banken
- 32 Mist of ijsmist, dunner geworden } gedurende het
- 33 Mist of ijsmist, geen merkbare verandering } afgelopen uur
- 34 Mist of ijsmist, opgekomen of dikker geworden }
- 35 Mist met aanzetting van ruige rijp
- 40 NEERSLAG
- 41 Neerslag, licht of matig
- 42 Neerslag, zwaar



- 43 Vloeibare neerslag, licht of matig
- 44 Vloeibare neerslag, zwaar
- 45 Vaste neerslag, licht of matig
- 46 Vaste neerslag, zwaar
- 47 Onderkoelde neerslag, licht of matig
- 48 Onderkoelde neerslag, zwaar
- 50 MOTREGEN
- 51 Motregen niet onderkoeld, licht
- 52 Motregen niet onderkoeld, matig
- 53 Motregen niet onderkoeld, dicht
- 54 Motregen onderkoeld, licht
- 55 Motregen onderkoeld, matig
- 56 Motregen onderkoeld, dicht
- 57 Motregen en regen, licht
- 58 Motregen en regen, matig of zwaar
- 60 REGEN
- 61 Regen niet onderkoeld, licht
- 62 Regen niet onderkoeld, matig
- 63 Regen niet onderkoeld, zwaar
- 64 Regen onderkoeld, licht
- 65 Regen onderkoeld, matig
- 66 Regen onderkoeld, zwaar
- 67 Regen (of motregen) en sneeuw, licht
- 68 Regen (of motregen) en sneeuw, matig of zwaar
- 70 SNEEUW
- 71 Sneeuw, licht
- 72 Sneeuw, matig
- 73 Sneeuw, zwaar
- 74 Ijsregen, licht
- 75 Ijsregen, matig
- 76 Ijsregen, zwaar
- 77 Motsneeuw
- 78 Ijskristallen
- 80 BUI(EN) OF NEERSLAG VAN TIJD TOT TIJD
- 81 Regenbui(en) of regen van tijd tot tijd, licht
- 82 Regenbui(en) of regen van tijd tot tijd, matig
- 83 Regenbui(en) of regen van tijd tot tijd, zwaar
- 84 Regenbui(en), zeer hevig, (wolkbreuk(en)) of regen van tijd tot tijd, zeer zwaar
- 85 Sneeuwvui(en) of sneeuw van tijd tot tijd, licht
- 86 Sneeuwvui(en) of sneeuw van tijd tot tijd, matig
- 87 Sneeuwvui(en) of sneeuw van tijd tot tijd, zwaar
- 89 Hagel
- 90 ONWEER
- 91 Onweer, licht of matig zonder neerslag
- 92 Onweer, licht of matig met regen- en/of sneeuwbuien
- 93 Onweer, licht of matig met hagel
- 94 Onweer, zwaar zonder neerslag
- 95 Onweer, zwaar met regen- en/of sneeuwbuien
- 96 Onweer, zwaar met hagel
- 99 Tornado

opmerkingen:

- codecijfers 06,07,08,09,13,14,15,16,17,19,36,37,38,39,49,59,69,79,88,97, 98 worden niet gebruikt en zijn reserve;

- codecijfers 20 t/m 26 worden gebruikt om neerslag, mist of ijsmist of onweer op het station te melden in het afgelopen uur, maar niet op het tijdstip van waarnemen.

Algemeen geldt dat indien meer dan een code gerapporteerd zou kunnen worden (omdat meerdere verschijnselen zich voordoen) dat dan de code met de hoogste waarde prevaleert. Het kan dus voorkomen dat bepaalde verschijnselen niet kunnen worden gerapporteerd. Het vaststellen van de gerapporteerde code vindt automatisch plaats. Omdat daarbij gebruik wordt gemaakt van waarneemgegevens, afkomstig uit meerder waarneemsystemen wordt gebruik gemaakt van een algoritme met uniforme criteria. Zie daarvoor schema 1. Niet alle weersverschijnselen met behulp van instrumenten kunnen worden waargenomen. Daarom is het belangrijk om te beseffen dat $w_a w_a = 00$ niet hoeft te betekenen dat er 'geen weer' is, maar alleen dat er 'geen weer' is vastgesteld aan de hand van de beschikbare metingen. Dit verschilt dus significant van de manuele ww code, waarbij $ww=00$ wel inhoudt dat er geen weer van betekenis is.

$W_{a1} W_{a2}$

Verleden weer gemeld door een automatisch weerstation volgens onderstaande tabel (codetabel 4531)

Codecijfer(W_{a1} c.q. W_{a2}):

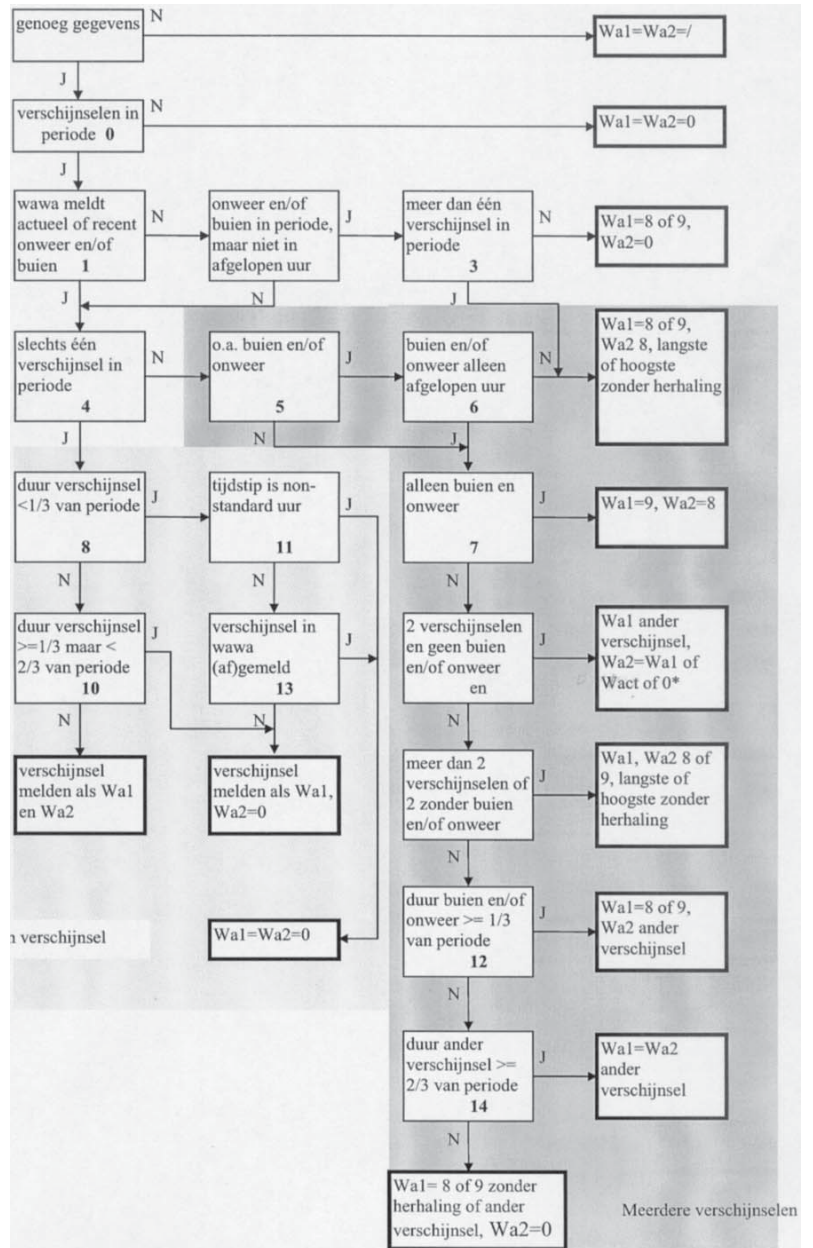
- 0 Geen weer van betekenis waargenomen
- 1 ZICHT AFGENOMEN
- 2 Opwaaiende verschijnselen, zicht is afgenomen
- 3 MIST
- 4 NEERSLAG
- 5 Motregen
- 6 Regen
- 7 Sneeuw of ijsregen
- 8 Buien of neerslag van tijd tot tijd
- 9 Onweer

Opmerkingen:

1. De periode waar W_{a1} en W_{a2} op slaat:
 - 6 uur voor de waarnemingen 00, 06, 12 en 18 uur UTC;
 - 3 uur voor de waarnemingen 03, 09, 15 en 21 uur UTC;
 - 1 uur voor de waarnemingen op de overige uren UTC.
2. Als het weertype gedurende betrokken periode een totale en een te onderscheiden verandering ondergaat, beschrijft het codecijfer, welke gekozen is voor W_{a1} en W_{a2} , de weersituatie vóór het type weer, welke gemeld is met $w_a w_a$, begon. Het hoogste codecijfer wordt gemeld met W_{a1} en het daarop volgende codecijfer wordt gemeld met W_{a2} .
3. Als geen weersverandering kon worden vastgesteld gedurende de periode, zodat slechts één codecijfer kan worden gekozen, wordt het bij dat weertype behorende codecijfer zowel voor W_{a1} als voor W_{a2} gegeven. Bijvoorbeeld: Regen gedurende de gehele periode wordt door een automatisch station, dat niet in staat is verschillende neerslagtypes te onderscheiden, gemeld met $W_{a1} W_{a2} = 44$. Of $W_{a1} W_{a2} = 66$ in het geval van een station met een groter onderscheidingsvermogen.
4. Code 2 met betrekking tot W_{a1} c.q. W_{a2} , "Opwaaiende verschijnselen, zicht is afgenomen", betreft weersverschijnselen welke niet gedetecteerd kunnen worden door de thans in gebruik zijnde Present Weather Sensor en wordt derhalve niet gebruikt in de codering van $W_{a1} W_{a2}$.

Voor een nadere toelichting met betrekking tot de criteria ter bepaling van W_{a1} W_{a2} , zie Handboek Meteorologische Codes, <http://info.knmi.nl/wm-ow/algdoc/codebeheer/handboek.htm>, in het bijzonder, het deel: Internationale codes, SYNOP-AUTO.

Schema 1, Bepaling van W_{a1} W_{a2}



$S_p S_p S_p S_p$

In Nederland kan in het kader voor $5S_p S_p S_p S_p$ (aanvullende verschijnselen) met betrekking tot de berichtgeving "actueel weer" de volgende codering gebruikt worden:

- 51722 Motsnieuw in het afgelopen uur
- 518w_aw_a Zeer lichte neerslag gemeld met w_aw_a conform onderstaande tabel (zie codetabel 4677):
Actueel of verleden weer: 21, 22, 23, 24, 25
Actueel weer: 41, 51, 54, 57, 61, 64, 67, 71, 74, 77, 81, 85, 89

1.4.2 code KLIM-AUTO

De Nederlandse automatische meteorologische waarnemstations hanteren de volgende KLIM-AUTO code voor de beschrijving van de weerelementen:

Sectie 0: $M'_i M'_i M'_j M'_j$ YYGW_i

Sectie 1: $l i i i i \quad i f f f f \quad \begin{matrix} 2w \\ a_1 \quad a_2 \quad a_3 \quad a_4 \end{matrix} \quad \begin{matrix} 3w \\ a_5 \quad a_6 \quad a_7 \end{matrix} \quad j R H \quad (4 D_R R_h R_h)$

Sectie 2: $222 \quad 1s_n T_{x6} T_{x6} T_{x6} \quad 2s_n T_{n6} T_{n6} T_{n6} \quad 3h_{Tx6} h_{Tx6} h_{Tx6} h_{Tx6} \quad 4s_n T_{g6} T_{g6} T_{g6}$

Sectie 3: $(333) \quad 1s_n T_{b1} T_{b1} T_{b1} \quad 2s_n T_{b2} T_{b2} T_{b2} \quad 3s_n T_{b3} T_{b3} T_{b3} \quad 4s_n T_{b4} T_{b4} T_{b4} \\ 5s_n T_{b5} T_{b5} T_{b5} \\ 6s_n T_{xb1} T_{xb1} T_{xb1} \quad 7s_n T_{nb1} T_{nb1} T_{nb1} \quad 8s_n T_{xb2} T_{xb2} T_{xb2} \quad 9s_n T_{nb2} T_{nb2} T_{nb2}) =$

De KLIM-AUTO code met betrekking tot de beschrijving van het weer is omkaderd.

Codecijfer:

- w_{a1} Mist en/of ijsmist op het ogenblik van detectie of gedurende (een deel van) het afgelopen uurvak op het station.
- w_{a2} Regen en/of motregen, al dan niet onderkoeld en al of niet onderbroken op het ogenblik van detectie of gedurende (een deel van) het afgelopen uurvak op het station.
- w_{a3} Sneeuw en/of motsneeuw al of niet onderbroken op het ogenblik van detectie of gedurende (een deel van) het afgelopen uurvak op het station.
- w_{a4} Hagel en/of ijsregen op het ogenblik van detectie of gedurende (een deel van) het afgelopen uurvak op het station.
- w_{a5} Elektrische ontlading(en) gedetecteerd op het ogenblik van detectie of gedurende (een deel van) het afgelopen uurvak op en nabij het station.
- w_{a6} Ijsvorming op het ogenblik van detectie of gedurende (een deel van) het afgelopen uurvak, tengevolge van mist en/of neerslag op het moment van detectie of in het afgelopen uurvak op het station.
- w_{a7} Neerslag, type/soort onbekend, op het ogenblik van detectie of gedurende (een deel van) het afgelopen uurvak op het station.

De waarnemperiode "afgelopen uurvak" betreft de detectieperiode van 7 x 10 minuten voorafgaand aan het preciese uurtijdstip (H+0).

Zie voor een verdere toelichting met betrekking tot deze criteria het Handboek Meteorologische Codes, website

<http://info.knmi.nl/wm-ow/algdoc/codebeheer/handboek.htm>,

in het bijzonder de Nationale codes, KLIM-AUTO.

1.4.3 code METAR-AUTO

De Nederlandse automatische meteorologische waarnemstations die mede rapporten genereren voor de luchtvaart, hanteren de volgende auto METAR-code voor de beschrijving van de weerelementen:

```

CCCC      YYGGggZ dddff(f)Gfmfm(fm)KT dndndnVdxdxdx VVVV
MPS
KMH

VVVVVvVxVxVxVxDv [RDRDR/VRVRVRVRi] [w'w'] NsNsNshshshs }
[RDRDR/VRVRVRVRVVRVRVRVRi] VVhshshs } of
SKC } CAVOK
NSC }

T'T'/T'dT'd QPHPHPHPH [REw'w'] [WS RWYDRDR] (WTsTs/SS) [DRDRERCReReRBRBR]
[WS ALL RWY] [SNOCLO]

TTTTT TTGGgg dddffGfmfm KMH VVVV [w'w'] NsNsNshshshs }
KT CAVOK NSW VVhshshs } of
MPS SKC } NOSIG
NSC }

RMK

```

Opmerkingen:

1. Elementen of groepen tussen ronde haakjes () zijn facultatief en zijn al of niet in het rapport opgenomen, afhankelijk van bepaalde omstandigheden of regelingen;
2. Elementen of groepen tussen blokhaken [] zijn niet van toepassing voor een gesloten luchthaven;
3. Elementen of groepen die schuin gedrukt zijn, i.c. CAVOK en NSC, worden niet in de auto METAR gebruikt in verband met de beperkingen die het geautomatiseerd waarnemen kent. De codering is nog uitsluitend van toepassing voor METAR-rapporten op basis van visuele waarnemingen.
4. RMK = Sectie voor nationaal gebruik. Nederland maakt alleen gebruik van de RMK sectie in het geval van volledig automatische waarnemingen.

De METAR-code mbt de beschrijving van het weer (w'w' en REw'w') is hierboven is omkaderd aangegeven.

w'w'

w'w' Beschrijft significant actueel en verwacht weer conform codetabel 4678, doch uitsluitend de door de Present Weather Sensor vast te stellen verschijnselen. **Als het actueel waargenomen weer niet kan worden gemeld met behulp van codetabel 4678, wordt de groep w'w' weggelaten.**

Eén of meer groepen, maar nooit meer dan drie, mogen worden gebruikt om alle actuele weersverschijnselen te rapporteren, waargenomen op of nabij het vliegveld, en van betekenis zijn voor luchtvaartdoeleinden. Nationaal is vastgesteld dat maximaal twee w'w'-groepen worden gebruikt. Van toepassing zijnde intensiteitindicatoren en letterafkortingen moeten samengevoegd worden tot groepen van twee tot maximaal negen tekens om actuele weersverschijnselen te melden.

Automaten op de Noordzee kunnen (nog) geen weersverschijnselen detecteren

behalve op station F-03, (EHFD – 06239). Op het land kan het ook voorkomen dat er geen weer gedetecteerd wordt of geen gegevens beschikbaar zijn omtrent weersverschijnselen. Om het verschil aan te geven tussen de vormen van coderen gelden de volgende afspraken:

- Geen weer gedetecteerd, maar kan het wel w'w' weggelaten
- Wel weer gedetecteerd, en meldt dit ook w'w' gecodeerd
- Geen weer kunnen detecteren, sensor buiten werking w'w' //
- Noordzee platforms kunnen geen weer detecteren w'w' altijd //

De w'w'-groep is als volgt opgebouwd:

- a. Als eerste de aanduiding omtrent de intensiteit of de omgeving, gevolgd, zonder tussenruimte, door:
- b. De afkorting voor de omschrijving van het type of de soort, gevolgd, zonder tussenruimte, door:
- c. De afkorting voor het waargenomen weersverschijnsel of combinaties daarvan.

Tabel 4678 -w'w' (Actueel weer)

Aanduiding		Weersverschijnsel	
Intensiteit of omgeving (1)	Omschrijving van type/soort (2)	Neerslag (3)	Zichtbeperking en overige verschijnselen (4)
Licht Teken: “-“	FZ Onderkoeld	GR Hagel	TS Onweer
	TS Onweer	GS Korrelhagel en/of korrelsneeuw	SQ Squalls
Matig geen teken	SH Buien	en/of Hagel	FG Mist
		PL Ijsregen	BR Nevel
Zwaar Teken: “+”		IC Ijsnaalden	HZ Heigheid
		SG Motsneeuw	
		SN Sneeuw	
		RA Regen	
		DZ Motregen	
		UP Neerslag van niet te bepalen type/soort	

Voor de kolommen 2 t/m 4 geldt: prioriteit, per kolom, van boven naar beneden.

Opmerkingen:

1. De invullingen in de codetabel zijn gebaseerd op beschrijvingen in WMO - No. 407 (International Cloud Atlas) - Vol. I. (zie ref.23)
2. Meer dan één vorm van neerslag wordt samengevoegd, waarbij het overheersende neerslagtype het eerst wordt gemeld. Voorbeeld: +SNRA.
3. Meer dan één verschijnsel, anders dan een combinatie van neerslag, wordt



met afzonderlijke w'w'-groepen, in volgorde van de kolommen, gemeld.
Voorbeeld: -DZFG.

4. De intensiteit wordt alleen aangegeven bij neerslag, neerslag vergezeld van buien en/of onweer. Voorbeeld: +TSRA.
5. Niet meer dan één omschrijving van het type/soort wordt in de w'w'-groep gebruikt. Voorbeeld: -FZDZ.
6. De omschrijving van type/soort SH wordt alleen gebruikt in combinatie met één of meer van de letter afkortingen RA, SN, PL, GS en GR, om de neerslagvorm van de bui, op het tijdstip van waarnemen, aan te geven. Voorbeeld: SHSN.
7. De omschrijving van type/soort TS wordt alleen gebruikt in combinatie met één of meer van de letter afkortingen RA, SN, PL, GS en GR, om onweer met neerslag op het vliegveld aan te geven. Voorbeeld: TSSNGS.
8. De omschrijving van type/soort FZ wordt alleen gebruikt in combinatie met de letter afkortingen FG, DZ en RA. Voorbeeld: FZRA.

Voor een detailbeschrijving, zie Handboek Meteorologische Codes, <http://info.knmi.nl/wm-ow/algdoc/codebeheer/handboek.htm>, in het bijzonder Internationale codes, METAR-AUTO. Handleidingen met regelgevingen met betrekking tot het coderen van SYNOP w_aw_a (zie ref. 6) en de AUTO METAR/SPECI (ref. 8) zijn te vinden op <http://info.knmi.nl/wm-ow/algdoc/Handleidingen/handleidingen.htm>.

REw'w'

REw'w' beschrijft verleden weersverschijnselen van operationele betekenis met codecijfer w'w' conform bovenstaande tabel (codetabel 4678).

Tot een maximum van 2 groepen wordt informatie omtrent verleden weer gemeld door middel van de indicatorletters **RE** gevolgd door w'w' indien de volgende weersverschijnselen zijn waargenomen gedurende de periode sinds het laatste routinerapport of het laatste uur, afhankelijk welke periode korter is, maar niet op het tijdstip van waarnemen:

- Onderkoelde neerslag
- Matige of zware motregen, regen of sneeuw
- Matige of zware: ijsregen, hagel, korrelhagel en/of korrelsneeuw
- Onweer
- Onbekende neerslag

2. Operationele eisen

2.1 Bereik

Omdat actueel weer een kwalitatieve beschrijving van het weer is, kan niet van een bereik worden gesproken. De criteria met betrekking tot *bereik* zijn uitsluitend gerelateerd aan de criteria, die betrekking hebben op voor de onderliggende kwantitatieve parameters (temperatuur, relatieve vochtigheid, wind, neerslag, zicht, wolken, bliksem), waarop de weercode (mede) is gebaseerd. Deze zijn beschreven in de desbetreffende hoofdstukken in het handboek.

2.2 Waarneemresolutie in verband met berichtgeving

De criteria mbt *waarneemresolutie* zijn mede gerelateerd aan de criteria voor de onderliggende parameters (temperatuur, relatieve vochtigheid, wind, neerslag, zicht, wolken, bliksem), waarop de weercode (mede) is gebaseerd. Deze zijn beschreven in de desbetreffende hoofdstukken in het handboek. Een en ander uit zich in de mate van verfijning, die de code toestaat. Voorbeeld voor $w_a w_a$: '60 - regen' vs '61- regen niet onderkoeld, licht'

2.3 Vereiste meetonzekerheid

De criteria met betrekking tot meetonzekerheid zijn gerelateerd aan de criteria voor de onderliggende parameters (temperatuur, relatieve vochtigheid, wind, neerslag, zicht, wolken, bliksem), waarop de weercode (mede) is gebaseerd. Deze zijn beschreven in de desbetreffende hoofdstukken in het handboek. Met betrekking tot criteria inzake de weercode waarbij neerslagsoort rond het vriespunt een rol speelt, wordt een validatiesysteem ontwikkeld.

2.4 Vereiste waarneemfrequentie

Van het huidige weertype PW (Present Weather), aangegeven met tweecijferige code cf. WMO-tabel 4680 (zie par.1.4), worden *per 12 seconde* de volgende gecodeerde waarden door de betreffende SIAM gerapporteerd:

- SAMPLE: 12" - registratie van de laatste in het betreffende tijdvak van 12 seconden vastgestelde gecodeerde PW-waarde;
- MINUUT: de hoogste vastgestelde gecodeerde PW-waarde van de afgelopen minuut;
- MAX: de hoogste vastgestelde gecodeerde PW-waarde van de afgelopen 10 minuten;
- MIN: de laagste vastgestelde gecodeerde PW-waarde van de afgelopen 10 minuten;

- 10GEM: de hoogste vastgestelde gecodeerde PW-waarde van de afgelopen 10 minuten, waarvoor geldt dat het betreffende verschijnsel zich in tenminste 30% van alle registraties heeft voorgedaan. Hierbij worden voor codes 50, 60 en 70 ook de gevallen 67 meegeteld. Als zowel code 50 als 60 aan het criterium voldoen, dan wordt het mengsel 57 gemeld. Als zowel code 70 als de som van de codes 50 en 60 aan het criterium voldoen, dan wordt het mengsel 67 gemeld;
- *STD: niet van toepassing.*

Zie voor gedetailleerde documentatie, de volgende referenties:

- X-SIAM-specificatie, J.R.Bijma, Insa Document ID-30-015, versie 1.8, KNMI-Insa, KNMI-document, 2001 (ref.13);
- XZ4-SIAM Vaisala FD12 P PW-sensor, J.R.Bijma, Insa Document ID-30-043, versie 1.0 KNMI-Insa, KNMI-document, 1999 (ref.24).

Opslag 10 minuutwaarden PW

In de 10-minutendataopslagsystemen worden iedere 10-minuten vanaf het hele uur ($H+0 - H+10$, $H+10 - H+20$, etc) de op de bovenaangegeven wijze bepaalde 10GEM-waarden PW over de periode vanaf 10 minuten vóór het desbetreffende 10-minuten tijdstip tot het desbetreffende 10 minuten tijdstip opgeslagen.

SYNOP

In het geval van een meteorologisch station waar de SYNOP wordt ontleend aan een automatisch gegenereerde waarde wordt voor de codering in de uurlijkse SYNOP de op de bovenaangegeven wijze bepaalde 10GEM-waarde PW over de periode vanaf 10 minuten vóór het precieze uurtijdstip tot het desbetreffende precieze uurtijdstip gebruikt.

Halfuurwaarde in METAR

Het tijdstip voor het METAR - bericht is precies 5 minuten vóór het gehele uur c.q. precies 5 minuten vóór het halve uur. In het geval van een meteorologisch station waar de METAR wordt ontleend aan een automatisch gegenereerde waarde wordt voor de codering een 5'- gemiddelde waarde PW gebruikt en wel gemiddeld over de periode vanaf 15 minuten vóór het precieze uurtijdstip tot 10 minuten vóór het precieze uurtijdstip ($H+45 - H+50$) resp. de periode vanaf 15 minuten vóór het precieze halfuurtijdstip tot 10 minuten vóór het precieze halfuurtijdstip ($H+15 - H+20$).

2.5 Vereiste dataaanwezigheid per specifieke periode

Of *actueel weer* gecodeerd kan worden hangt af van de aanwezigheid van gemeenten parameters, die in het algoritme worden gebruikt. Bij afwezigheid daarvan zal codering achterwege blijven en worden '/' gerapporteerd.

- 1) $w_a w_a$ wordt *niet* gecodeerd als van de gerelateerde parameters tbv de generatie van de weercode het 10 minuten blok ontbreekt.
- 2) $w_{a1} w_{a2}$ worden niet gecodeerd indien te veel gegevens ontbreken. Het tijdstip van berichtgeving speelt daarbij een rol:
 - *Non Standard Hours* 1 of meer blokken van 10 minuten ontbreken
 - *Intermediate Hours* 3 of meer blokken van 10 minuten ontbreken
 - *Main Hours* 6 of meer blokken van 10 minuten ontbreken

3. Instrumenten en techniek

3.1 Techniek en specificaties

De gecodeerde kwalificatie mbt actueel weer en verleden weer wordt bepaald op basis van real time meetwaarden afkomstig van afzonderlijke, onafhankelijke instrumenten:

- a) Present Weater-sensor (PWS), tevens zichtmeter
- b) FLITS -systeem ten behoeve van bliksemdetectie
- c) temperatuurmeter
- d) vochtigheidsmeter
- e) neerslagmeter
- f) wolkenhoogtemeter
- g) windsnelheidsmeter, in verband met *squall*.

In dit hoofdstuk wordt alleen het zogenaamde PW-deel van de de PW-sensor beschreven. Het bliksemdetectie-systeem wordt beschreven in hoofdstuk 20 van dit Handboek. De metingen van temperatuur, vochtigheid, wind, neerslag en wolken zijn afkomstig van de instrumenten die geplaatst zijn op het meetterrein alwaar ook de PWS is geplaatst. Deze instrumenten zijn beschreven in de respectievelijke hoofdstukken 2, 4, 5, 6 en 15 van dit Handboek. De beschrijving van de metingen van het zicht door de PWS staat in hoofdstuk 9. In paragraaf 5 van dit hoofdstuk is beschreven hoe de waarden van de verschillende sensoren via de weercode generator worden verwerkt.

Present weather sensor

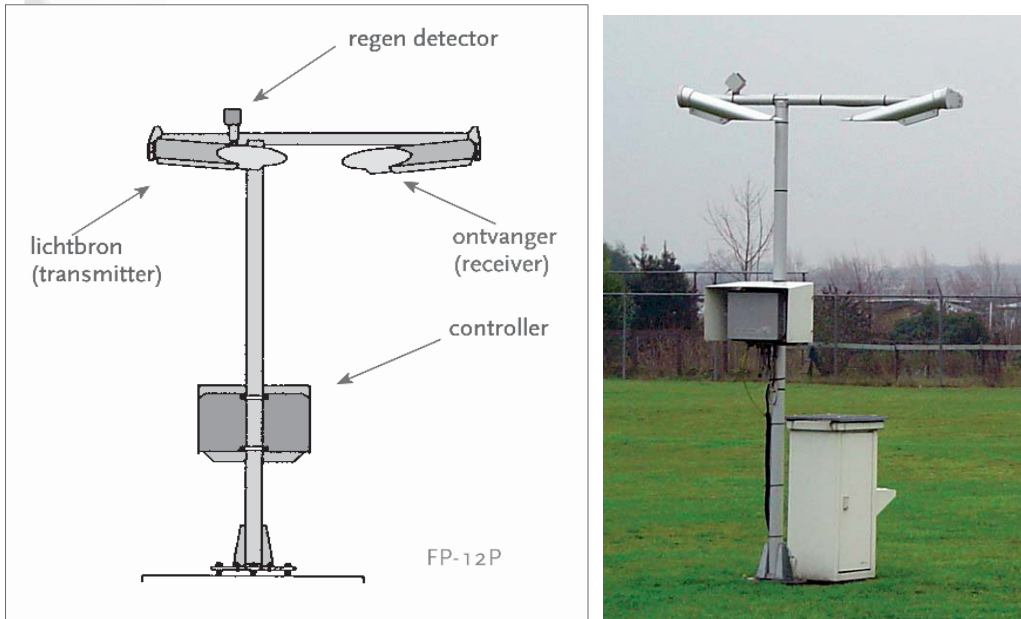
Het PW deel van een PWS richt zich op de detectie en discriminatie van neerslagsoort. De techniek, die daarbij gebruikt kan worden is gebaseerd op lichtverstrooiing. Dit is mogelijk omdat (mot)regen, sneeuw en hagel het licht op een dermate verschillende manier verstooien dat discriminatie van neerslagsoort mogelijk is uit analyse van het tijdsafhankelijke ontvangen signaal van het verstrooide licht. Kenmerkend daarbij is dat sneeuw veel meer licht verstrooid dan regen, terwijl de mate van verstrooiing ook afhankelijk is van de deeltjes groottes. Ook vallen regendruppels veel sneller dan sneeuwvlokken zodat de gemeten valsnelheid mede gebruikt kan worden voor deze discriminatie methode. Omdat de optische opstelling, die hiervoor nodig is dezelfde kan zijn om ook extinctie, c.q. zicht (MOR) te meten kan gebruik worden gemaakt van een gemeenschappelijke opstelling voor het bepalen van zicht en actueel weer. Een overzicht van de huidige stand van de techniek om actueel weer te bepalen staat in het Eumetnet rapport "Present Weather - Science (E-PWS-SCI), *Exploratory actions on automatic present weather observations* (ref. 26, zie de Eumetnet website: <http://www.eumetnet.eu.org/> onder PWS). De door het KNMI operationeel gebruikte PW-sensor is de FD12P, die ter bepaling van de neerslagsoort de door neerslag verstrooid licht meet. Er is dus sprake van een zgn. *scatterometer*- opstelling. Door dit apparaat worden de volgende parameters gemeten:

- Zicht , d.w.z. meteorologisch optisch zichtbereik MOR (m)
- Neerslagsoort PW (code)
- Neerslagintensiteit NI (mm/h) [ongekalibreerd]
- Crossarm temperatuur TS (°C)
- Achtergrondhelderheid AH (Cd/ m²) {t.b.v. RVR}
- Backscatter van ontvanger [RBS] {t.b.v. correctie MOR i.v.m. vervuiling optica}
- Backscatter van zender [TBS] {t.b.v. correctie MOR i.v.m. vervuiling optica}
- Signaal van neerslagdetector DRD (interne eenheid), type DRD12
- Status informatie

De waarden c.q. codes van de parameters Meteorologisch zicht MOR , Neerslagsoort PW, Neerslagintensiteit NI en Achtergrondhelderheid AH worden uitgelezen door de desbetreffende SIAM.

De scatterometeropstelling bestaat uit een mast van ca. 2 meter hoogte, waarop onder meer gemonteerd zijn (zie figuur 1):

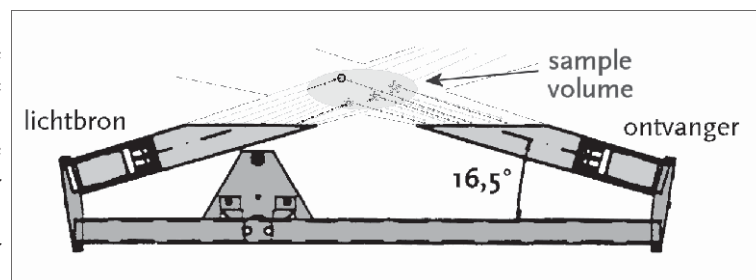
- een lichtbron (transmitter) die lichtpulsen uitzendt met een golflengte van 550 nm;
- een ontvanger (receiver) die het verstrooide licht afkomstig van de door de transmitter uitgezonden lichtpulsen meet.



Figuur 1. Opstelling Present Weather sensor FD-12P

De sensorbuis van de receiver maakt een hoek van ca. 33 graden met de as van de lichtbundel (zie fig. 2). Door deze ontvanger wordt het intensiteitsverloop van het verstrooide licht gemeten, dat zich kenmerkt door een continue signaal aangevuld met pulsen, afkomstig van de neerslagdeeltjes. Het verstrooiingsvolume (in het Engels ook wel "sample volume") is ca. 0,1 dm³ groot.

Fig.2. Schematische weergave bovenaanzicht Present Weather Sensor. Het licht, dat in het sample volume wordt verstrooid door aerosolen en neerslagdeeltjes, wordt door de ontvanger gedetecteerd en gemeten.



De grootte van deze intensiteit in relatie tot de intensiteit van het uitgezonden licht is afhankelijk van de deeltjesgrootte (mot- en regendruppels, sneeuwvlokken, hagelkorrels).

Indien er zich geen deeltjes van voldoende grote omvang in het sample volume bevinden, zal geen verstrooiing door deeltjes worden geregistreerd en resteert uitsluitend het continue signaal (dus "geen neerslag"). Dit continue signaal is afkomstig van lichtverstrooiing door aerosolen, die een orde van grootte kleiner zijn dan neerslagdeeltjes en bepalend zijn voor het zicht. uit dit

continue signaal wordt de extinctiecoëfficiënt σ bepaald en daaruit MOR (zie hoofdstuk 9, Zicht). De pulsen in het optische signaal zijn afkomstig van de vallende deeltjes, waarbij de pulsduur gerelateerd is aan de valsnelheid, terwijl de hoogte van de puls evenredig is aan de deeltjesgrootte. Om te voorkomen dat in het (enigszins ruisende) signaal onrecht deeltjes worden gedetecteerd is een drempelwaarde voor pulsen ingevoerd (zie fig. 3).

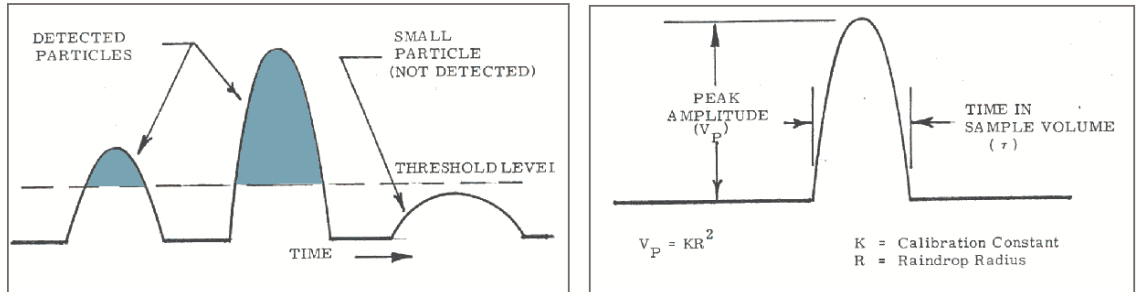


Fig.3 De gedetecteerde pulsen van het door de neerslagdeeltjes verstrooide licht. Deeltjesgrootte en valsnelheid bepalen de hoeveelheid van het verstrooide licht per puls(deeltje)

Uit de pulsgrootte en pulsbreedte (een maat voor de valsnelheid) kan in feite direct de neerslagsoort worden herleid. Het aantal pulsen per tijdseenheid is een maat voor de neerslagintensiteit. Het blijkt echter noodzakelijk om apart de neerslagintensiteit te bepalen ten einde met voldoende zekerheid de neerslagsoort te kunnen vaststellen. Hiertoe wordt een analoge verwarmde neerslagdetector gebruikt (zie fig.4), die weliswaar vrij grof, de regenintensiteit bepaald, maar ook (na smelten) het water equivalent van de sneeuwval. Hierbij wordt ook de gemeten luchttemperatuur gebruikt, waarbij onder aanname dat er geen sneeuw valt bij een temperatuur boven $+8^{\circ}\text{C}$, uitsluitend regen of hagel zal worden gerapporteerd.

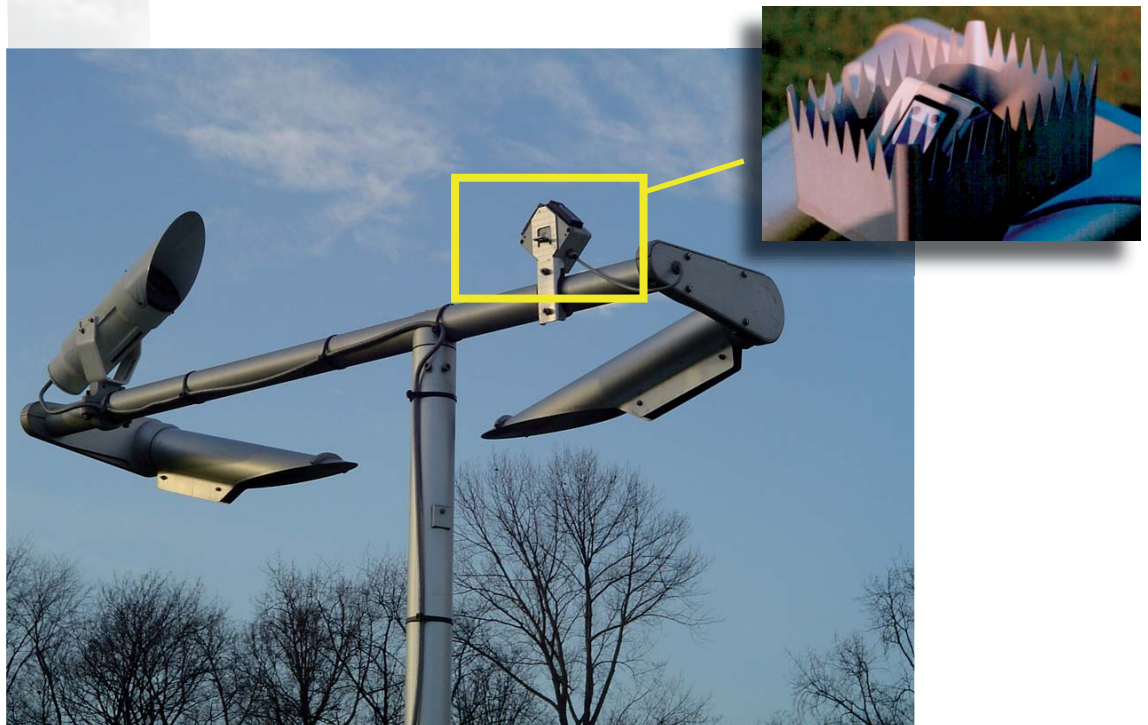



Fig. 4 De (verwarmde) neerslagdetector DRD-12, die zich bovenop de PWS bevindt wordt gebruikt voor regenintensiteitsmetingen ten behoeve van de bepaling van de neerslagsoort. (linksbovenop de opstelling bevindt zich een achtergrondhelderheidsmeter, nodig voor bepaling van RVR - zie hoofdstuk 9, Zicht)

Zie voor meer details over de PWS FD-12P: *Weather sensor FD12P User's Guide, Vaisala, 1998* (ref. 19). Voor testrapporten, zie *Duurtest LD40 en FD12P op*





Meetpost Noordwijk (ref. 20, intern KNMI rapport) en *Evaluatierapport Automatisering Visuele Waarnemingen, Ontwikkeling Meetsystemen* (ref. 21, KNMI TR-216).

3.2 Onderhoud- en calibratieprocedures

De onderhoud- en kalibratieprocedures zijn vastgelegd in het ISO-9001 kwaliteitssysteem Operationeel Handboek Instrumentele afdeling van INSA, zie website <http://info.knmi.nl/mi-insa/iso/isoinh.html>. In het bijzonder zijn relevant de procedurebeschrijvingen in par. 2.2.3, *Beheersprocedure preventief onderhoud*, en par. 2.2.5, *Uitvoeren van Ijkingen*. (ref. 9).

Er bestaat echter (nog) geen kalibratiemethodiek ter vaststelling van de neerslagsoort.

De ijking van de andere betrokken instrumenten is conform de procedure behorende bij de desbetreffende instrumenten (zie beschrijving in de corresponderende hoofdstukken in dit handboek).

4. Procedures

4.1 Procedures bij uitval automatische waarnemingen

De operationele berichtgeving van SYNOP en METAR met betrekking tot het weer vereist in principe een 100% beschikbaarheid van data. Deze principe voorwaarde impliceert voor ieder betrokken operationeel meteorologisch waarnemstation een permanent betrouwbaar functioneren van sensoren, inclusief PWS-en datatransport.

Bij uitval van het systeem dient de procedure voor correctief onderhoud meteen worden gestart. De details over dit onderhoud zijn beschreven in de KNMI/MSB storingsregeling. Een en ander is gedocumenteerd in het Operationeel Handboek van de Instrumentele Afdeling (ref.9), website <http://info.knmi.nl/mi-insa/iso/isoinh.html>.

In het bijzonder relevant is par.2.2.4, Beheersprocedure correctief onderhoud.

4.2 Validatieprocedures weercode AUTO-KLIM

In het Klimatologische Informatiesysteem KIS worden de AUTO-KLIM-waarden op dagbasis ingelezen en gearchiveerd. Per station worden voor elke uurwaarden automatisch de volgende controleprocedures toegepast

W_{a1}

- Als $wawa = 20$ of $30..35$ dan moet $W_{a1} = 1$ anders verdacht,
- Als $wawa_{h-1} = 30..35$ dan moet $W_{a1h} = 1$ anders verdacht,
- Als $wawa < 20$ dan moet $w_{a1} = 0$ anders verdacht,
- Als $VaVa < 10$ dan moet $w_{a1} = 1$ anders verdacht,
- W_{a1} moet = 0 of 1 anders verdacht.

W_{a2}

- Als $wawa = 21$ of $22..23$ of 25 of 26 of $40..44$ of 47 of 48 of $50..69$ of $90..96$ dan moet $W_{a2} = 1$ anders verdacht,
- Als $wawa_{h-1} = 40..44$ of 47 of 48 of $50..69$ of $90..96$ dan moet $W_{a2h} = 1$ anders verdacht,
- Als $wawa = 91$ dan moet $W_{a2} = 0$ anders verdacht,
- W_{a2} moet = 0 of 1 anders verdacht.

W_{a3}

- Als $wawa = 24$ of $67..77$ of $85..87$ of 92 of 95 dan moet $W_{a3} = 1$ anders verdacht,
- Als $wawa_{h-1} = 67..77$ of $85..87$ of 92 of 95 dan moet $W_{a3h} = 1$ anders verdacht,
- Als $wawa < 24$ dan moet $W_{a3} = 0$ anders verdacht,
- W_{a3} moet = 0 of 1 anders verdacht.

W_{a4}

- Als $wawa = 74..76$ of 89 of 93 of 96 dan moet $W_{a4} = 1$ anders verdacht,
- Als $wawa_{h-1} = 74..76$ of 89 of 93 of 96 dan moet $W_{a4h} = 1$ anders verdacht,
- Als $wawa < 23$ dan moet $W_{a4} = 0$ anders verdacht,
- W_{a4} moet = 0 of 1 anders verdacht.

W_{a5}

- Als wawa = 26 of 90..96 dan moet $W_{a5} = 1$ anders verdacht,
- Als wawa_{h-1} = 90..96 dan moet $W_{a5h} = 1$ anders verdacht,
- Als wawa \neq 26 of 90..96 dan moet $W_{a5} = 0$ anders verdacht,
- W_{a5} moet = 0 of 1 anders verdacht,

W_{a6}

- Als wawa = 25 of 35 of 47 of 48 of 54..56 of 64..66 dan moet $W_{a6} = 1$ anders verdacht,
- Als wawa_{h-1} = 35 of 47 of 48 of 54..56 of 64..66 dan moet $W_{a6h} = 1$ anders verdacht,
- Als $W_{a6} = 1$ dan moet W_{a1} of W_{a2} of W_{a3} of $W_{a4} = 1$ anders verdacht,
- Als $W_{a6} = 1$ dan moet $T \leq 0.0$ °C anders verdacht,
- Als wawa \neq 25 of 35 of 47 of 48 of 54..56 of 64..66 dan moet $W_{a6} = 0$ anders verdacht,
- W_{a6} moet = 0 of 1 anders verwacht.

W_{a7}

- Als wawa=21 of 40 of 50 of 60 of 70 of 80 of 90 dan moet $W_{a7} = 1$ anders verdacht,
- Als wawa_{h-1} = 40 of 50 of 60 of 70, of 80 of 90 dan moet $W_{a7h} = 1$ anders verdacht,
- Als wawa \neq 21 of 40 of 50 of 60 of 70 of 80 of 90 dan moet $W_{a7} = 0$ anders verdacht,
- W_{a7} moet = 0 of 1 anders verdacht.

De daglijsten met de AUTO-KLIM- waarden van alle stations in Nederland worden op de eerstvolgende werkdag uitgeprint. In deze lijsten zijn met behulp van bovenstaande controleprocedures gegenereerde verdachte c.q. ontbrekende waarden voorzien van een sterretje(*). De afdeling WM/OD-BWS controleert de lijsten en kijkt met name naar de "gesterde" waarden. Ontbrekende waarden worden zo mogelijk aangevuld, terwijl verdachte waarden ingeval van overduidelijke fouten worden vervangen.

De alternatieve waarde wordt onder meer gebaseerd op:

- aangrenzende (correcte) 10-minuten waarden in de tijdreeks,
- vergelijking met waarden van verwante parameters zoals relatieve vochtigheid, straling, weercode e.d.,
- waarden van 2 of meer nabije stations,
- satellietfoto's,
- beelden neerslagradar,
- bliksemdetectiesysteem.

Deze aanvulling en vervanging geschiedt handmatig.

4.3 procedures voor inspectie

Ieder PWS met een operationele functie in het KNMI-meetnet wordt 2 maal per jaar geïnspecteerd door een stationsinspecteur van WM/OD-BWS. Op de militaire vliegbases vindt deze inspectie uit logistieke overwegingen 1 maal per jaar plaats, al controleert de staf aldaar ook tussentijds de meetomstandigheden. De PWS-en op Schiphol, worden eveneens uit logistieke overwegingen slechts 1 maal per jaar geïnspecteerd door een stationsinspecteur van WM/OD-BWS.



De inspectie omvat de volgende controles:

Een visuele beoordeling of de meetomstandigheden en de omgeving aan de gestelde condities voldoen. Indien dit niet het geval is, kwalificeert de inspecteur de betreffende locatie voor wat betreft de operationele metingen van de PWS met onmiddellijke ingang als onvoldoende. Afhankelijk van de situatie beoordeelt de stationsinspecteur welke correctieve acties ondernomen dienen te worden om een en ander te herstellen conform de operationele eisen. De acties kunnen variëren van een opdracht c.q. verzoek aan de beheerder van het betreffende waarneemterrein tot aanpassing van de terreinsituatie tot de start van een procedure om een nieuwe locatie te zoeken. Bij defecten aan de meetopstelling wordt een opdracht voor herstel aan de afdeling INSA/MSB gestuurd. Ook vindt controle plaats of de ijktermijn van het meetinstrument nog niet is verlopen. Is dit wel het geval dan wordt de afdeling INSA/MSB hierover geïnformeerd, opdat uitwisseling zal plaatsvinden. Ook kan een extra tussentijdse inspectie plaatsvinden, indien twijfels bestaan over de kwaliteit en validiteit van de data.

WM/OD-BWS is verantwoordelijk voor de locatiekeuze in het geval van plaatsing van een PWS-meter op een nieuwe locatie, c.q. verplaatsing van een bestaande PWS-sensor naar een nieuwe locatie. Hiertoe toetst deze afdeling een of meer opties aan de vereiste condities voor opstelling en omgeving. Na het uiteindelijk vaststellen van de geschikte locatie rapporteert BWS hieromtrent aan INSA/MSB, welke afdeling vervolgens actie onderneemt om de (ver-)plaatsing te realiseren.

Indien op een locatie de PWS-meter vervangen wordt, heeft geen extra inspectie plaats te vinden. Wel dient WM/OD-BWS vooraf door INSA/MSB geïnformeerd te worden door middel van een tijdsplan van de ophanden zijnde vervanging. Binnen 1 week na plaatsing wordt WM/OD-BWS hieromtrent door INSA/MSB bericht, inclusief toezending ijkbewijs.

Van alle inspectiebezoeken wordt een rapport opgesteld door de stationsinspecteur. Dit rapport wordt opgeslagen in het Stations Administratie en Informatie Systeem (SAIS). Een notificatie van het beschikbaar komen van het rapport wordt per e-mail verspreid.

5. Herleiding van parameters: Weercodegenerator uit metingen automatisch weerstation

5.1 Basisgegevens

De weercodegenerator in De Bilt genereert de $w_a w_a$ code conform WMO-codetabel 4680 (zie par.1.4), alsmede de W_{10} code (d.i. W_a mbt 10-minuten data) conform WMO-codetabel tabel 4531 (zie par.1.4) met behulp van de relevante 10 minuut gegevens in de database van CIBIL. De in Tabel 2 aangegeven elementen uit de 10-minuut database worden hiervoor gebruikt. Dit proces vindt na afsluiting van ieder 10 minuten interval plaats. Daartoe worden eerst de algoritmen ten behoeve van de aanmaak van sommige benodigde basiselementen uitgevoerd (zoals Meteosat- en bewolkingsalgoritme).

Tabel 2: Basisgegevens voor de weercodegenerator (op basis van 10 minuten).

Parameter	Code	Alternatieve Code***	Eenheid
Luchttemperatuur	Ta		°C
natte bol temperatuur	Tb		°C
Meteorologisch zicht	ZM		m
Relatieve vochtigheid Boolean	RHb		1/0
totale bedekkingsgraad wolken	n		%
Neerslagsoort (gecorrigeerd)*	PWc		code
Neerslagintensiteit neerslagmeter	Ng	NI	mm/h
Neerslagintensiteit PW sensor**	Pg	PI	mm/h
Squall	SQ		1/0
Aantal bliksemontladingen 0-15 km	TS1		aantal
Kwaliteit TS1	QTS1		1/5/10
Aantal bliksemontladingen 15-20 km	TS2		aantal
Weercode (output vorige 10')	wawa		code
Kwaliteit wawa (output idem)	Qwawa		1/5/10

* zie: RIS-algoritmen, Versie 3.0, par. A7, W.Wauben, KNMI INSA-IO, KNMI, De Bilt, 2001 (ref. 18).

** uit lichtverstrooiing en met de detector

*** Toegepast in tabel 6

Voor P_g en N_g geldt dat ze elkaars backup kunnen zijn, maar N_g is de primaire grootheid voor neerslagintensiteit.

Iedere 10 minuten worden in de database na uitvoering van de generator de actuele weercode $w_a w_a$ en de afmeldcode W_{10} opgeslagen. Deze gegevens zijn tevens nodig voor de generatie van de $W_{a1} W_{a2}$ code in de SYNOP.

5.2 Criteria

De diverse criteria die direct of indirect in de weercode generator worden gebruikt staan aangegeven in Tabel 3. Deze criteria kunnen desgewenst via het beheersinterface gewijzigd worden.

Tabel 3: Criteria voor weercode algoritme.

Parameter	Code	Waarde
maximum luchttemperatuur Ta voor sneeuw of "regen en sneeuw"	TSNX	7°C
grens natte bol temperatuur Tb voor onderkoelde neerslag	TFZ	0°C
maximum luchttemperatuur Ta voor ijskristallen	TICX	-10°C
minimum luchttemperatuur Ta voor rijp	TRM	-30°C
bovengrens zicht ZM voor mist	FGM	1000 m
bovengrens zicht ZM voor nevel	BRM	10.000 m
ondergrens RHb relatieve vochtigheid (t.b.v. onderscheid mist/nevel)	RHM	77%
bovengrens RHb relatieve vochtigheid (t.b.v. onderscheid mist/nevel)	RHX	83%
ondergrens neerslagintensiteit Pg voor melden neerslag	PIM	0.0 mm/h [1]
grens neerslagintensiteit Ng motregen licht/matig	DZM	0.1 mm/h
grens neerslagintensiteit Ng motregen matig/dicht	DZX	0.5 mm/h
grens neerslagintensiteit Ng regen licht/matig	RAM	1 mm/h [2]
grens neerslagintensiteit Ng regen matig/zwaar	RAX	5 mm/h [3]
grens neerslagintensiteit Ng onderbroken regen licht/matig	RASHM	2.5 mm/h [2]
grens neerslagintensiteit Ng onderbroken regen matig/zwaar	RASHX	10 mm/h [3]
grens neerslagintensiteit Ng onderbroken regen zeer zwaar	RASHZ	25 mm/h [4]
grens neerslagintensiteit Ng sneeuw licht/matig	SNM	0.5 mm/h [5]
grens neerslagintensiteit Ng sneeuw matig/zwaar	SNX	5 mm/h
grens neerslagintensiteit Ng onderbroken sneeuw licht/matig	SNSHM	0.5 mm/h [5]
grens neerslagintensiteit Ng onderbroken sneeuw matig/zwaar	SNSHX	5 mm/h
straal voor bliksemontladingen op station	RADIUS ₁	15 km
straal voor bliksemontladingen in nabijheid	RADIUS ₂	20 km
ondergrens aantal ontladingen/10' voor zwaar onweer	TSX	600

[1] Detectiegrens is internationaal vastgesteld op 0.02 mm/h, intensiteitmetingen vanaf 0.2 mm/h (zie ref. 2, WMO-No. 8, Annex 1.B)

[2] Internationaal (zie ref. 1, WMO-No. 8, Annex 14.1): 2.5 mm/h

[3] Internationaal (zie ref. 1, WMO-No. 8, Annex 14.1): 10 mm/h

[4] Internationaal (zie ref. 1, WMO-No. 8, Annex 14.1): 50 mm/h

[5] Internationaal (zie ref. 1, WMO-No. 8, Annex 14.1): 1.0 mm/h

5.3 PW-code neerslagsoort

De neerslagsoort wordt bepaald door de PW-sensor FD-12P en in de sensor output gespecificeerd door middel van een PW-notatie ten behoeve van de weercode generator. Per neerslagsoort correspondeert die notatie met de overeenkomstige $w_a w_a$ code van de SYNOP alsmede de overeenkomstige $w'w'$ code(-combinatie) van de METAR, zie Tabel 4.

Tabel 4: Notatie neerslagsoort en de bijbehorende PW-code.

Neerslagsoort	Notatie	PW-code	Metar code
geen neerslag	C	00	
neerslag	P	40	PP
motregen	L	50	DZ
onderkoelde motregen	ZL	55	FZDZ
regen en motregen	RL	57	RADZ
regen	R	60	RA
onderkoelde regen	ZR	65	FZRA
(mot)regen en sneeuw	RLS	67	RASN
sneeuw	S	70	SN
ijsregen	IP	75	PL
motsneeuw	SG	77	SG
ijskristallen	IC	78	IC
korrel-sneeuw, -hagel	SP	87	HA (GS)
hagel	A	89	HA (GR)

Opm. code 87, (gemeld door de PW sensor voor korrelsneeuw of korrelhagel) wordt gelijkgesteld aan code 89 (voor hagel).

5.4 Weercodegenerator

In de beschrijving van de weercode generator wordt gebruik gemaakt een aantal verkorte notaties, die in Tabel 5 zijn vermeld.

Tabel 5: Verkorte notaties gebruikt in de weercode generator.

Notatie	Betekenis
X	actuele 10-minuut waarde (o') van parameter X.
X(-h)	de 10-minuut waarde van 1 uur geleden (-60') van parameter X.
Wmin(X,XN,XI)	indicator of tenminste een 10-minuut waarde van parameter X van het afgelopen uur (-10' tot -60') kleiner of gelijk dan XN is (XI = 1) of alle waarden > XN (XI = 0) of als gegevens ontbreken en X>XN (XI = -1).
Wmax(X,XM,QXM)	XM is maximum 10-minuut waarde van parameter X van het afgelopen uur (0 tot -50') met kwaliteit QXM is 10 als alle gegevens aanwezig, 5 als gegevens ontbreken en 1 als geen gegevens.
Wqmax(X,XQ,XM,QXM)	XM is maximum 10-minuut waarde van parameter X van de periode (-10' tot -60') met kwaliteit QXM gelijk aan 10 als alle gegevens aanwezig en de kwaliteit van alle gegevens (XQ) is 10, 5 als gegevens ontbreken of gegevens met kwaliteit 5 en 1 als geen gegevens.
En	logische 'and'.
Of	logische 'or'.
Not	logische inverse.
VV(ZM)	VV(ZM) is zicht ZM (MOR) volgens de WMO code tabel.

Tabel 6 beschrijft de generatie van de weercodes $w_a w_a$ en W_{10} . Deze tabel wordt iedere 10 minuten in omgekeerde volgorde doorlopen dat wil zeggen van 99 tot 0. De eerste voorwaarde waaraan daadwerkelijk is voldaan, is de geldende waarde voor de weercode.

Tabel 6: Beschrijving weercodegenerator.

<i>wawa</i>	<i>W10</i>	<i>Weersverschijnsel</i>	<i>Voorwaarde</i>	<i>Benodigde gegevens</i>
00		*	$n = //$ of $n(-h) = //$	PW
01	o	Bewolking afnemend over het afgelopen uur	$\min(8,n) < \min(8,n(-h))$	n, n(-h) en PW
02	o	Bewolking onveranderd over het afgelopen uur	$\min(8,n) = \min(8,n(-h))$	n, n(-h) en PW
03	o	Bewolking toenemend over het afgelopen uur	$\min(8,n) > \min(8,n(-h))$	n, n(-h) en PW
04	o	Heiigheid of rook, of stof zwevend in de lucht	$VV(ZM) < VV(BRM)$	ZM en PW
04	1	Heiigheid of rook, of stof zwevend in de lucht	$VV(ZM) < VV(BRM)$ en $VV(ZM) < VV(ZM(-h))$	ZM en ZM(-h) en PW
05	o	Heiigheid of rook, of stof zwevend in de lucht	$VV(ZM) < VV(FGM)$	ZM en PW
05	1	Heiigheid of rook, of stof zwevend in de lucht	$VV(ZM) < VV(FGM)$ en $VV(ZM) < VV(ZM(-h))$	ZM en ZM(-h) en PW
10	o	Nevel	$VV(ZM) < VV(BRM)$ en $RHb = 1$ en $VV(ZM) \geq VV(ZM(-h))$	ZM en ZM(-h) en RHb en PW
10	1	Nevel	$VV(ZM) < VV(BRM)$ en $RHb = 1$ en $VV(ZM) < VV(ZM(-h))$	ZM en ZM(-h) en RHb en PW
11		[I]snaalden worden niet gerapporteerd]	niet van toepassing	
12	o	Onweer op afstand	$TS2M > 0$ met w_{max} ($TS2, TS2M, QTS2$)	$TS2(0,-50')$ en PW [$QTS2$]
18	o	Squalls	$SQM = 1$ met w_{max} (SQ, SQM, QSQ)	$SQ(0,-50')$ en PW [QSQ]
20	o	Mist	$w_{am} \geq 30$ en $w_{am} \leq 35$ met $wq_{max}(wawa, Qwawa,$ $wam, Qwam)$	$wawa(-10,-60')$, $Qwawa(-10,-60')$ en PW
21	o	Neerslag	($w_{am} \geq 40$ en $w_{am} \leq 42$) of $w_{am} = 80$ of $w_{am} = 89$ met $wq_{max}(wawa, Qwawa,$ $wam, Qwam)$	$wawa(-10,-60')$, $Qwawa(-10,-60')$ en PW
22	o	Motregen (niet onderkoeld) of Motsneeuw	($w_{am} \geq 50$ en $w_{am} \leq 53$) of $w_{am} = 77$ met $wq_{max}(wawa, Qwawa,$ $wam, Qwam)$	$wawa(-10,-60')$, $Qwawa(-10,-60')$ en PW
23	o	Regen (niet onderkoeld)	($w_{am} \geq 57$ en $w_{am} \leq 58$) of ($w_{am} \geq 60$ en $w_{am} \leq 63$) of ($w_{am} \geq 81$ en $w_{am} \leq 84$) met $wq_{max}(wawa, Qwawa,$ $wam, Qwam)$	$wawa(-10,-60')$, $Qwawa(-10,-60')$ en PW
24	o	Sneeuw	($w_{am} \geq 67$ en $w_{am} \leq 68$) of ($w_{am} \geq 70$ en $w_{am} \leq 73$) of $w_{am} = 78$ of ($w_{am} \geq 85$ en $w_{am} \leq 87$) met $wq_{max}(wawa, Qwawa,$ $wam, Qwam)$	$wawa(-10,-60')$, $Qwawa(-10,-60')$ en PW
25	o	Onderkoelde (mot)regen	($w_{am} \geq 54$ en $w_{am} \leq 56$) of $w_{am} = 50.5$ of $w_{am} = 60.5$ of ($w_{am} \geq 64$ en $w_{am} \leq 66$) of $w_{am} = 70.5$ of ($w_{am} \geq 74$ en $w_{am} \leq 76$) met $wq_{max}(wawa, Qwawa,$ $wam, Qwam)$	$wawa(-10,-60')$, $Qwawa(-10,-60')$ en PW

<i>wawa</i>	<i>W10</i>	<i>Weersverschijnsel</i>	<i>Voorwaarde</i>	<i>Benodigde gegevens</i>
26	0	Onweer met of zonder neerslag	$wam \geq 90$ en $wam \leq 96$ met $wqmax(wawa, Qwawa,$ $wam, Qwam)$	$wawa(-10, -60')$, $Qwawa(-10, -60')$ en $PW [Qwam]$
30	3	Mist	$VV(ZM) < VV(FGM)$ en $RHb = 1$	ZM, RHb en PW
31	3	[Mist of ijsmist in banken worden niet gerapporteerd]	niet van toepassing	
32	3	Mist of ijsmist, dunner geworden gedurende het afgelopen uur	$VV(ZM (-h)) < VV(FGM)$ en $(RHb(-h)) = 1$ en $VV(ZM) < VV(FGM)$ en $RHb = 1$ en $VV(ZM) >$ $VV(ZM(-h))$	ZM, ZM(-h), RHb, RHb(-h) en PW
33	3	Mist of ijsmist, geen merkbare verandering gedurende het afgelopen uur	$VV(ZM (-h)) < VV(FGM)$ en $(RHb(-h)) = 1$ en $VV(ZM) < VV(FGM)$ en $RHb = 1$ en $VV(ZM) = VV(ZM(-h))$	ZM, ZM(-h), RHb, RHb(-h) en PW
34	3	Mist of ijsmist, opgekomen of dikker geworden gedurende het afgelopen uur	$VV(ZM) < VV(FGM)$ en $RHb = 1$ en $VV(ZM) < VV(ZM(-h))$	ZM, ZM(-h), RHb en PW
35	3	Mist met aanzetting van ruige rijp	$VV(ZM) < VV(FGM)$ en $RHb = 1$ en $Tb < TFZ$ en $Ta > TRM$	ZM, RHb, Ta , Tb en PW
40	4	NEERSLAG	$PW = P$ en $PI = //$	PW
41	4	Neerslag, licht of middelmatig	$PW = P$ en $PI > PIM$	PI en PW
42	4	Neerslag, zwaar	$PW = P$ en $NI > RAX$	NI en PW
43		[Vloeibare neerslag, licht of matig wordt niet gerapporteerd]	niet van toepassing	
44		[Vloeibare neerslag, zwaar wordt niet gerapporteerd]	niet van toepassing	
45		[Vaste neerslag, licht of matig wordt niet gerapporteerd]	niet van toepassing	
46		[Vaste neerslag, zwaar wordt niet gerapporteerd]	niet van toepassing	
47		[Onderkoelde neerslag, licht of matig wordt niet gerapporteerd]	niet van toepassing	
48		[Onderkoelde neerslag, zwaar wordt niet gerapporteerd]	niet van toepassing	
50	5	MOTREGEN	$PW = L$ en $PI = //$	PW
50.5*	5	MOTREGEN (ONDERKOELD)	$PW = ZL$ en $PI = //$	PW
51	5	Motregen niet onderkoeld, licht	$PI > PIM$ en $PW = L$	PI en PW
52	5	Motregen niet onderkoeld, matig	$NI > DZM$ en $PW = L$	NI en PW
53	5	Motregen niet onderkoeld, dicht	$NI > DZX$ en $PW = L$	NI en PW
54	5	Motregen onderkoeld, licht	$PI > PIM$ en $PW = ZL$	PI en PW
55	5	Motregen onderkoeld, matig	$NI > DZM$ en $NI \leq DZX$ en $PW = ZL$	NI en PW
56	5	Motregen onderkoeld, dicht	$NI > DZX$ en $PW = ZL$	NI en PW
57	6	Motregen en regen, licht	$PI > PIM$ en $PW = RL$	PI en PW
58	6	Motregen en regen, matig of zwaar	$NI > DZM$ en $PW = RL$	NI en PW
60	6	REGEN	$(PW = RL$ of $PW = R)$ en $PI = //$	PW
60.5*	6	REGEN (ONDERKOELD)	$PW = ZR$ en $PI = //$	PW
61	6	Regen niet onderkoeld, licht	$PI > PIM$ en $PW = R$	PI en PW

<i>wawa</i>	<i>W10</i>	<i>Weersverschijnsel</i>	<i>Voorwaarde</i>	<i>Benodigde gegevens</i>
62	6	Regen niet onderkoeld, matig	NI > RAM en PW = R	NI en PW
63	6	Regen niet onderkoeld, zwaar	NI > RAX en PW = R	NI en PW
64	6	Regen onderkoeld, licht	PI > PIM en PW = ZR	PI en PW
65	6	Regen onderkoeld, matig	NI > RAM en PW = ZR	NI en PW
66	6	Regen onderkoeld, zwaar	NI > RAX en PW = ZR	NI en PW
67	7	Regen of motregen en sneeuw, licht	PI > PIM en PW = RLS	PI en PW
68	7	Regen of motregen en sneeuw, matig of zwaar	NI > RAM en PW = RLS	NI en PW
70	7	SNEEUW	(PW = RLS of PW = S) en PI = //	PW
70.5*	7	IJSREGEN	PW = IP en PI = //	PW
71	7	Sneeuw, licht	PI > PIM en PW = S	PI en PW
72	7	Sneeuw, matig	NI > SNM en PW = S	NI en PW
73	7	Sneeuw, zwaar	NI > SNX en PW = S	NI en PW
74	7	Ijsregen, licht	PI > PIM en PW = IP	PI en PW
75	7	Ijsregen, matig	NI > RAM en PW = IP	NI en PW
76	7	Ijsregen, zwaar	NI > RAX en PW = IP	NI en PW
77	7	Motsneeuw	(PI > PIM of PI = //) en PW = SG	PI en PW
78	0	Ijskristallen	(PI > PIM of PI = //) en PW = IC	PI en PW
80*	8	Bui of neerslag onderbroken	PI > PIM en PW = P en [PI ≤ PIM of PW ≠ P in (-10,-60)]	PI(0,-60') en PW(0,-60')
81	8	Regen(bui) of regen onderbroken, licht	PI > PIM en PW = R en [PI ≤ PIM of PW ≠ R in (-10,-60)]	PI(0,-60') en PW(0,-60')
82	8	Regen(bui) of regen onderbroken, matig	NI > RASHM en PW = R en [PI ≤ PIM of PW ≠ R in (-10,-60)]	PI(0,-60') en PW(0,-60')
83	8	Regen(bui) of regen onderbroken, zwaar	NI > RASHX en PW = R en [PI ≤ PIM of PW ≠ R in (-10,-60)]	PI(0,-60') en PW(0,-60')
84	8	Regen(bui) of regen onderbroken, zeer zwaar	NI > RASHZ en PW = R en [PI ≤ PIM of PW ≠ R in (-10,-60)]	PI(0,-60') en PW(0,-60')
85	8	Sneeuw(bui) of sneeuw onderbroken, licht	PI > PIM en PW = S en [PI ≤ PIM of PW ≠ S in (-10,-60)]	PI(0,-60') en PW(0,-60')
86	8	Sneeuw(bui) of sneeuw onderbroken, matig	NI > SNSHM en PW = S en [PI ≤ PIM of PW ≠ S in (-10,-60)]	PI(0,-60') en PW(0,-60')
87	8	Sneeuw(bui) of sneeuw onderbroken, zwaar	NI > SNSHX en PW = S en [PI ≤ PIM of PW ≠ S in (-10,-60)]	PI(0,-60') en PW(0,-60')
89	8	Hagel(bui) of hagel onderbroken.	(PI > PIM of PI = //) en (PW = A of PW = SP)	PI en PW
90	9	Onweer	TS1 > 0 en (PI = // of PW = // of QTS1 = 5)	QTS1, TS1
91	9	Onweer, licht of matig, zonder neerslag	QTS1 = 10 en TS1 > 0 en PI ≤ PIM	QTS1, TS1, PI en PW
92	9	Onweer, licht of matig, met regen en / of sneeuw(buien)	QTS1 = 10 en TS1 > 0 en PI > PIM	QTS1, TS1, PI en PW


<i>wawa</i>	<i>W10</i>	Weersverschijnsel	Voorwaarde	Benodigde gegevens
93	9	Onweer, licht of matig, met hagel	$QTS_1 = 10$ en $TS_1 > 0$ en $PI > PIM$ en $(PW = A$ of $PW = SP)$	QTS_1 , TS_1 , PI en PW
94	9	Onweer, zwaar, zonder neerslag	$QTS_1 = 10$ en $TS_1 \geq TSX$ en $PI \leq PIM$	QTS_1 , TS_1 , PI en PW
95	9	Onweer, zwaar, met regen en / of sneeuw(buien)	$QTS_1 = 10$ en $TS_1 \geq TSX$ en $PI > PIM$	QTS_1 , TS_1 , PI en PW
96	9	Onweer, zwaar, met hagel	$QTS_1 = 10$ en $TS_1 \geq TSX$ en $PI > PIM$ en $(PW = A$ of $PW = SP)$	QTS_1 , TS_1 , PI en PW
99		[Tornado's worden niet gerapporteerd]	niet van toepassing	

* zie toelichting

Toelichting op tabel 6.

De code 00 wordt alleen gerapporteerd als aan geen enkele voorwaarde is voldaan. Omdat meetinstrumenten niet alle te rapporteren verschijnselen kunnen waarnemen wil $w_a w_a = 00$ nog niet zeggen dat er sprake is van "geen weer".

De codes 80-88 worden gebruikt bij onderbroken sneeuw, regen of neerslag van onbepaald soort. Voor onderbroken neerslag moet dit in de voorgaande 6 10-minuut intervallen de neerslagsoort niet steeds P of niet steeds R of niet steeds S zijn of tenminste 1 van de 6 voorafgaande 10-minuut intervallen de neerslagintensiteit kleiner of gelijk aan de ondergrens (PIM) zijn. Is de neerslagsoort de laatste 7 intervallen steeds P (of steeds R of steeds S) en is de neerslagintensiteit steeds groter dan de ondergrens dan is er sprake van continue neerslag. Ook als neerslaggegevens van het afgelopen uur (één of meer voorgaande 6 intervallen) ontbreken wordt continue neerslag gemeld. De codes 40-42, 60-63, 70-73 gelden voor continue neerslag van onbepaald soort, regen en sneeuw, respectievelijk. De exacte voorwaarde voor continue neerslag wordt niet gebruikt omdat deze complementair is met de voorwaarde voor onderbroken neerslag die eerder wordt gecheckt. Dus als neerslag van onbepaald soort, regen of sneeuw op het moment van waarnemen niet in de tachtig groep terecht zijn gekomen betreft het continue neerslag. In Tabel 6 zijn om dezelfde reden de controles voor de bovengrenzen van de neerslagintensiteit niet opgenomen. Tevens geldt dat indien de PW code niet beschikbaar is de $w_a w_a$ code en *W10* niet worden afgeleid (dus kwaliteit 1). De enige uitzondering hierop is code 90 die gegeven wordt indien elektrische ontladingen zijn gedetecteerd ook indien er geen PW code beschikbaar is. Als echter geen elektrische ontladingen zijn gedetecteerd dan worden de weercodes niet gegeven als de PW code niet beschikbaar is. In de tabel is dit aangegeven door de PW elders als benodigd gegeven op te nemen, hetgeen inhoudt dat als de PW in de voorwaarde niet genoemd wordt impliciet ($PW=C$ of $PI \leq PIM$) en voor elektrische ontladingen ($TS_1=0$ of $TS_1=//$) geldt. Indien de in de Tabel 6 in de kolom 'benodigde gegevens' genoemde gegevens niet aanwezig zijn (i.e. geen data of kwaliteit 1) dan wordt deze code niet gegenereerd. Bij afwezigheid van gegevens die gebruikt worden in een criteria wordt steeds teruggevallen naar een lagere code. Bij ontbreken van de neerslagintensiteit wordt van een code met een indicator voor de neerslagintensiteit teruggevallen naar de bijbehorende code zonder neerslagintensiteit aanduiding. Bij ontbreken van gegevens wordt de kwaliteitsparameter van de weercode *Qwawa* op 5 gezet. De plek waarop ontbreken van een parameter of een kwaliteit minder dan 10 of een logical die niet zeker 0 of 1 is de kwaliteit van de weercode doet verlagen is vet bij de benodigde gegevens aangegeven. De kwaliteit van de weercode wordt ook gebruikt in het bepalen van het verleden weer. Om in de codes voor het afgelopen uur (20-26) alsnog in staat te zijn onderkoelde en



niet onderkoelde neerslag c.q. sneeuw en ijsregen te kunnen onderscheiden is in de code tabel naast 50, 60 en 70 ook 50.5, 60.5 en 70.5 gebruikt die in het bericht echter naar beneden worden afgerond. Zijn beiden niet aanwezig dan vervalt een code waar NI of PI voor nodig is.

Zie voor de volledige beschrijving van de algoritmes, die door de codegenerator worden gebruikt: *Algoritmen RIS ten behoeve van HIM* (versie 3.0, KNMI, 2001 – ref. 18)

6. Opstellingseisen en omgevingscondities

6.1 Opstellingseisen en -voorzieningen

De Present Weather sensor dient zich op 2 m hoogte boven het maaiveld te bevinden. De PW-sensor is geplaatst op een terrein met kort gemaaid gras, welke een minimale afmeting van 15 bij 20 meter heeft (conform voorschriften waarneemterrein). Voorkomen moet worden dat het systeem nadelig wordt beïnvloed door voorbijvliegende insecten, pollen of andere objecten, die niets met neerslag te maken hebben, maar die wel aanleiding geven tot foutieve registratie daarvan.

6.2 Condities m.b.t. omgeving en meetlocatie, c.q. representativiteit waarnemingen


In de directe omgeving rondom de PWS-sensor mogen zich geen objecten bevinden die de metingen kunnen beïnvloeden vanwege de hoogte of eventuele uitstraling. Een en nader ter beoordeling van de inspecteur. In principe worden voor de obstakelhoogte dezelfde condities toegepast als gelden voor de operationele wind- en neerslagmetingen. Dat wil zeggen dat de obstakelafstand bij voorkeur minimaal 10 × de obstakelhoogte is.

In het geval de metingen dienen voor de METAR-berichtgeving aan de luchtvaart, dient de verkregen data representatief te zijn voor een gebied van ca. 8 km rondom het vliegveld. In het geval de metingen functioneren ten behoeve van de lokale berichtgeving op het vliegveld, dient de verkregen data toepasbaar te zijn voor de landings-/startbaan, alsmede voor de aanvliegeroute nabij touch down, c.q. voor de uitvliegeroute nabij take off.

Nadere details rond opstelcondities staan in de *Guide To Meteorological Instruments and Methods of Observations*, (WMO no.8, 6th edition), Chapter 14, *Present and past weather; state of the ground*, (ref.1). Voor wat betreft de luchtvaartmeteorologie, zie *Technical Regulations*, Vol. II, *Meteorological Service for International Air Navigation* (WMO-No. 49; 2004 ed.), Appendix 3 (ref. 15), *Manual of Meteorological Practice* (ICAO Doc. 8896; 2004 ed.), Appendix 4 (ref. 27) en *Guide on Meteorological Observation and Information Distribution Systems at Aerodromes* (WMO-No. 731; 1990 - ref. 28).

Referenties

1. World Meteorological Organization, Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observations (WMO -No. 8), 7th edition, Chapter 14, Present and past weather; state of the ground, WMO, 2006;
2. World Meteorological Organization, Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observations (WMO -No. 8), 7th edition, Annex 1.B, World Meteorological Organization WMO, 2006;
3. Meteorologische Instrumenten, Elementaire Vakopleiding Meteorologie (EVM), module A11, J.G. van der Vliet, KNMI, De Bilt, 1993;
4. Synoptische en klimatologische waarnemingen en codes, Elementaire Vakopleiding Meteorologie (EVM), module A4/B1, E. Chavanu, KNMI, De Bilt, 1996;
5. Handboek Meteorologische Codes, <http://info.knmi.nl/wm-ow/algdoc/codebeheer/handboek.htm>, in het bijzonder: Internationale codes: 1) SYNOP-AUTO, versie 7.0, november 2003, P.Y.de Vries; 2) SYNOP-VIS, versie 7.0, november 2003, P.Y.de Vries; 3) METAR-AUTO, versie 1.0, maart 2004, P.Y.de Vries; 4) METAR-VIS, versie 7.0, november 2003, P.Y.de Vries;
6. Beschrijving van het Coderen Van de FM 15-X AUTO METAR En de FM 16-X AUTO SPECI (versie 2 - Concept), maart 2004, Den Uijl, Postma, de Vries; <http://info.knmi.nl/wm-ow/algdoc/Handleidingen/AUTO-METAR.pdf>
7. Basisontwerp Vernieuwing Operationeel Klimatologisch Informatiesysteem VOKIS, KNMI-document, KNMI, De Bilt 1992;
8. Criteria voor Codering van de "Visuele" Groepen in de SYNOP CODE voor Automatische Stations met een Present Weather Sensor, versie 1.5, De Vries, PY/Codecommissie, november 2000; http://info.knmi.nl/wm-ow/algdoc/Handleidingen/AWS_PWS.pdf
9. ISO-9001 kwaliteitssysteem Operationeel Handboek Instrumentele afdeling van INSA, Kalibratieprocedures van het KNMI-IJklaboratorium, A. van Londen, INSA/IO, KNMI, De Bilt, 1994; <http://info.knmi.nl/mi-insa/iso/isoinh.html>
10. World Meteorological Organization WMO-no.49, Technical Regulations, Volume 1, Appendix A, WMO, Genève, 1988;
11. Fysische Meteorologie, H.R.A.Wessels, KNMI-technisch rapport TR140, KNMI, De Bilt, 1991;
12. Het Internationale Stelsel van Eenheden (SI), Nederlands Meetinstituut NMI, Delft, 1994;
13. X-SIAM-specificatie, J.R.Bijma, KNMI-Insa, KNMI-document, Insa Documentnummer ID-30-015, versie 1.8, KNMI-Insa, KNMI-document, 2001; <http://info.knmi.nl/mi-insa/techdoc/interface/siamdoc.html>
- 14.. KNMI-handboek meteorologische codes, P.IJ. de Vries, KNMI, De Bilt, 1994; <http://info.knmi.nl/wm-ow/algdoc/codebeheer/handboek.htm>
15. WMO Technical Regulations, Vol. II, Meteorological Service for International Air Navigation (WMO-No. 49; 2004 ed.), Appendix 3; identiek aan ICAO Annex III: 'Meteorological Service for International Air Navigation, International Standards and Recommended Practices', 2004 ed.
16. International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology, uitg. ISO, 1993
17. Rapport van de Werkgroep Toets AVW, Deel 2: Luchtvaartwaarnemingen, Methoden en Tools, Validatie en Verifikatie, L.M.Hafkenscheid, ed., KNMI, De Bilt, 1998; <http://info.knmi.nl/~meulenvd/projects/AVW/X-AVW/>
18. RIS-algoritmen, Versie 3.0, W. Wauben, KNMI INSA-IO, KNMI, De Bilt, 2001; http://www.knmi.nl/~wauben/AVW/Algoritmen_RIS_v3.0.pdf
19. Weather sensor FD12P User's guide, Vaisala, 1998;
20. Duurtest LD40 en FD12P op Meetpost Noordwijk, Wiel Wauben, KNMI, De Bilt, 2003; http://www.knmi.nl/~wauben/Sensor/MPNrapportage_030910.pdf
21. Evaluatierapport Automatisering Visuele Waarnemingen, Ontwikkeling Meet-systemen; Wiel Wauben en Hans de Jongh; KNMI Technisch Rapport TR-216; KNMI, De Bilt, 1999;

- 
22. Specificatie AUTO METAR in gebruik bij KNMI, intern KNMI-document, Versie 3.0, d.d. 24 juli 2003;
 23. World Meteorological Organization, International Cloud Atlas (WMO-No. 407) - Vol. I.
 24. XZ4-SIAM Vaisala FD12 P PW-sensor, J.R.Bijma, Insa Document ID-30-043, versie 1.0 KNMI-Insa, KNMI-document, 1999;
<http://info.knmi.nl/mi-insa/techdoc/index.html>;
 25. World Meteorological Organization WMO 306, Manual on codes; Volume 1: International codes, 1995; Volume II--Regional codes and national coding practices, 1998;
http://www.wmo.int/web/www/DPS/Manual_Codes.html
 26. Eumetnet, Present Weather Science (E-PWS-SCI), Exploratory actions on automatic present weather observations, J.P. van der Meulen, KNMI, 2003;
<http://www.knmi.nl/~meulenvd/eumetnet/E-PWS-Sci/>
 27. Manual of Meteorological Practice (ICAO Doc. 8896; 2004 ed.), Appendix 4
 28. Guide on Meteorological Observation and Information Distribution Systems at Aerodromes (WMO-No. 731; 1990)

Inhoud

Hoofdstuk 15, Wolken

1. Beschrijving 15-1
 - 1.1 benaming van de basisgrootheid 15-1
 - 1.2 definities, omschrijving van de begrippen 15-1
 - 1.3 eenheden 15-2
 - 1.4 elementcodes 15-3
 2. Operationele eisen 15-7
 - 2.1 bereik 15-7
 - 2.2 waarneemresolutie in berichtgeving 15-7
 - 2.3 vereiste nauwkeurigheid 15-7
 - 2.4 vereiste waarneemfrequentie 15-7
 - 2.5 vereiste dataaanwezigheid per specifieke periode 15-8
 3. Instrumenten en techniek 15-9
 - 3.1 techniek en specificaties 15-9
 - 3.2 onderhoud- en calibratieprocedures 15-12
 4. Procedures 15-13
 - 4.1 procedures bij uitval automatische waarnemingen 15-13
 - 4.2 procedures voor achteraf validatie van de bewolking (AUTO-SYNOP) 15-13
 - 4.3 procedures voor inspectie 15-15
 5. Herleiding van parameters 15-17
 - herleiding wolkenparameters (hoogte, bedekking, soorten) uit metingen 15-17
 6. Opstellingseisen en omgevingscondities 15-19
 - 6.1 opstellingseisen en –voorzieningen 15-19
 - 6.2 condities m.b.t. omgeving en meetlocatie, c.q. representativiteit waarnemingen 15-19
- Referenties 15-21



Wolken

1. Beschrijving

1.1 benaming van de basisgrootheid

Benamingen: Bedekking, wolkenbasis

Internationale aanduiding: Cloud amount, cloud base.

Referenties: ref. 8 (WMO-No. 8) en ref. 9 (WMO-No. 407)

1.2 definities, omschrijving van de begrippen

1.2.1 Wolk

Een wolk is een verzameling zeer kleine waterdruppels of ijskristallen of beiden, waarvan de basis boven en los van het aardoppervlak gelegen is. De maximale diameter van de vloeibare waterdeeltjes is in de orde grootte van 200 micron (0,2 mm). Een groter formaat leidt tot neerslag van de druppels (regen, drizzle). Met uitzondering van enkele zeldzame types, zoals lichtende nachtwolken en soms cirrus in de lage stratosfeer, bevinden wolken zich in de troposfeer. Wolken ontstaan onder meer bij verticale luchtbewegingen, zoals bij convectie, opstuwning van lucht bij bergen en heuvels, en bij grootschalige verticale bewegingen onder invloed van frontale systemen. Hierbij worden de condities geschapen die de in de lucht aanwezige waterdamp doet overgaan in de vloeibare of vaste fase.

1.2.2 Bedekking (cloud amount)

Onderscheiden worden de bedekking van de hemel door een specifiek aanwezig wolkentype (partial cloud amount) en de totale bedekking van de hemel door alle aanwezige wolkentypes (total cloud amount). In beide gevallen wordt de mate van bedekking, de zogeheten bedekkingsgraad, geschat (in geval van menselijke waarnemingen) c.q. berekend (in geval van automatische waarnemingen) in okta's. (zie par. 1.3).

1.2.3 Wolkenbasis (cloud base)

De wolkenbasis betreft de laagste zone boven het aardoppervlak waarbij in loodrechte richting naar bovengaand sprake is van een evidente verandering van heldere, doorzichtige lucht naar lucht die gevuld is met waterdruppels of ijskristallen en min of meer ondoorzichtig is. De hoogte van de wolkenbasis is gedefinieerd als de hoogte in meters van genoemde zone boven het grondniveau van het station. In het geval van een meteorologisch luchtvaartstation is dit niveau de officiële hoogte ten opzichte van de MSL-hoogte van het vliegveld. Wolkenhoogte: "cloud height" (WMO-convention, per definition: cloud height = height of cloud base)

1.2.4 Wolkenclassificaties

Diverse classificaties worden onderscheiden. We kennen in de eerste plaats de verdeling in karakteristieke vormen:

- *Typen*: basisonderverdeling van wolken, 3 typen: cirrus, cumulus, stratus;
- *Geslachten* (eng: generation): aanvulling op basisonderverdeling, 10 geslachten: cirrus, cirrocumulus, cirrostratus, alto cumulus, altostratus, nimbostratus, stratocumulus, stratus, cumulus, cumulonimbus; code C;

- *Soorten*: onderverdeling van geslacht naar vorm en structuur, bijv. fractus, congestus, lenticularis, castellanus, etc.;
- *Variëteiten*: kenmerken per geslacht naar toestand (cloud arrangement) en mate van transparantie, bijv. radiatus, undulatus, duplicatus, etc.;
- *Bijzondere vormen en verschijnselen*: bijv. incus, mamma, virga, praecipitatio, arcus, tuba, pileus, velum, pannus, e.a.;
- *Aangroeiingen of ontwikkelingen vanuit de moederwolk*: het gaat om aangroeiingen of ontwikkelingen die (kunnen) leiden tot nieuwe wolken; in de naam vinden we de potentieel nieuwe wolk terug alsmede de naam van de moederwolk (in deze volgorde); indien sprake is van een nieuwe wolk met behoud van de moederwolk dan wordt dit aangegeven met de toevoeging "genitus", is sprake van een nieuwe wolk onder gelijktijdige verdwijning van (het grootste deel van) de moederwolk dan wordt dit beschreven met de toevoeging "mutatus". Voorbeelden: stratocumulus cumulogenitus, stratus stratocumulomutatus.

Voorts wordt een classificatie gehanteerd met betrekking tot de wolkenlagen (of niveau of etage): laag, middelbaar en hoog.

- *laag*: 0 – 2100 m (0 - 7000 ft); beschrijving wolkencomplexen in deze laag met code C_L ; lage wolken zijn stratocumulus, stratus, cumulus, cumulonimbus; de twee laatstgenoemde wolkengeslachten bereiken vaak ook het middelbare en hoge niveau;
- *middelbaar*: 2100 – 5400 m (7000 – 18000 ft); beschrijving wolkencomplexen in deze laag met code C_M ; middelbare wolken zijn altocumulus, altostratus (deze reikt vaak ook tot hoger niveau), nimbostratus (deze wolken strekken zich gebruikelijk uit tot lager en hoger niveau);
- *hoog*: > 5400 m (> 18000 ft.); beschrijving wolkencomplexen in deze laag met code C_H ; wolken in het hoge niveau zijn cirrus, cirrocumulus, cirrostratus.

Er zijn nog enkele andere classificaties die echter minder relevant zijn en derhalve ook niet worden beschreven.

Referenties met betrekking tot classificatie schema's van de codes C , C_L , C_M , C_H : ref. 5, 6, 8 en (foto's)9; ihb ref. 5: <http://info.knmi.nl/wm-ow/algdoc/codebeheer/handboek.htm> -> document SYNOP-VIS

1.3 eenheden

De gebruikte eenheden zijn conform het internationale stelsel van eenheden (SI) (ref.10):

- wolkenhoogte: meter of voet*;
- bedekkingsgraad: okta (d.i. een achtste deel van de hemelkoepel gezien vanuit het waarneempunt).

* in luchtvaartmeteorologische toepassingen wordt meestal de eenheid "voet" (engels: foot of ft.) gebruikt.

voor verdere details, zie ref. 8 (WMO no.8)

1.4 elementcodes

Referenties:

- Ref.21, World Meteorological Organization WMO 306, Manual on codes; Volume I: International codes, 1995; Volume II--Regional codes and national coding practices, 1998;
<http://www.wmo.int/web/catalogue/New%20HTML/frame/engfil/306.html>
- Ref.5: . Handboek Meteorologische Codes,
<http://info.knmi.nl/wm-ow/algdoc/codebeheer/handboek.htm>

ihb:

SYNOP-AUTO, versie 7.0, november 2003, P.Y.de Vries;

SYNOP-VIS, versie 7.0, november 2003, P.Y.de Vries;

METAR-AUTO, versie 1.0, maart 2004, P.Y.de Vries;

METAR-VIS, versie 7.0, november 2003, P.Y.de Vries;

1.4.1 SYNOP-code

De Nederlandse automatische meteorologische waarnemstations hanteren de volgende auto SYNOP-code voor de beschrijving van de weerelementen:

SECTIE 0	-	$M_i M_j M_k M_l Y Y G G_i I l i i i$
SECTIE 1	-	$i_{R_x} i_h V V N d d f f 1 s_n T T T 2 s_n T_d T_d T_d 3 P_o P_o P_o P_o 4 P P P P$ $5 a p p p 6 R R R R t_R 7 w_a w_a W_{a1} W_{a2} 8 // //$
SECTIE 3	-	$3 3 3 1 s_n T_x T_x T_x 2 s_n T_n T_n T_n 3 / s_n T_g T_g$ $7 R_{24} R_{24} R_{24} R_{24} \{8 N_s / h_s h_s\}^i (i=1,2,3)$ $9 S_p S_p S_p S_p$
SECTIE 5	-	$5 5 5 2 s_n T_n T_n T_n 4 s_n T_g T_g T_g 5 S_p S_p S_p S_p$

De SYNOP-code mbt de beschrijving van wolken is hierboven in "bold" aangegeven.

De wolkenelementen die niet gedetecteerd kunnen worden met de wolkenmeter, worden als / (breukstreep) gecodeerd:

- sectie 1: 8///// [corresponderende code SYNOP igv visuele wolkenwaarneming: $8 N_h C_L C_M C_H$];
- sectie 3: $\{8 N_s / h_s h_s\}^i (i=1,2,3)$ [corresponderende code SYNOP igv visuele wolkenwaarneming $\{8 N_s C_h h_s\}^i (i=1,2,3)$]

Toelichting per element:

N: totale bedekkingsgraad van alle wolken;

N_s: hoeveelheid hemelbedekking van een afzonderlijke wolkenlaag of – massa;

N_h: hoeveelheid bedekking van de onderste wolkenlaag C_L , indien daar geen wolken zijn hoeveelheid bedekking van middelste laag C_M , indien ook daar geen wolken zijn $N_h = 0$; vooralsnog wordt N_h als / (breukstreep) gecodeerd omdat detectie nog niet mogelijk is.

N, N_s	Bedekkinggraad (okta)
0	Onbewolkt
1	1/8 of minder, maar niet onbewolkt
2	2/8
3	3/8
4	4/8
5	5/8
6	6/8
7	7/8 of meer, maar niet 8/8
8	8/8
9	Bovenlucht niet te detecteren vanwege mist en/of andere meteorologische verschijnselen
/	Bedekkinggraad niet te bepalen door andere redenen dan mist of andere meteorologische verschijnselen, c.q. geen detectie.

$h_s h_s$: hoogte van de basis van een afzonderlijke wolkenlaag of - massa corresponderend met een bedekkingsgraad N_s .

$h_s h_s$	<i>m</i>	<i>ft</i>	$h_s h_s$	<i>m</i>	<i>ft</i>	$h_s h_s$	<i>m</i>	<i>ft</i>
00	<30	<100	26	780	2600	56	1800	6000
01	30	100	27	810	2700	57	2100	7000
02	60	200	28	840	2800	58	2400	8000
03	90	300	29	870	2900	59	2700	9000
04	120	400	30	900	3000	60	3000	10000
05	150	500	31	930	3100	61	3300	11000
06	180	600	32	960	3200	62	3600	12000
07	210	700	33	990	3300	63	3900	13000
08	240	800	34	1020	3400	64	4200	14000
09	270	900	35	1050	3500	65	4500	15000
10	300	1000	36	1080	3600	66	4800	16000
11	330	1100	37	1110	3700	67	5100	17000
12	360	1200	38	1140	3800	68	5400	18000
13	390	1300	39	1170	3900	69	5700	19000
14	420	1400	40	1200	4000	70	6000	20000
15	450	1500	41	1230	4100	71	6300	21000
16	480	1600	42	1260	4200	72	6600	22000
17	510	1700	43	1290	4300	73	6900	23000
18	540	1800	44	1320	4400	74	7200	24000
19	570	1900	45	1350	4500	75	7500	25000
20	600	2000	46	1380	4600	76	7800	26000
21	630	2100	47	1410	4700	77	8100	27000
22	660	2200	48	1440	4800	78	8400	28000
23	690	2300	49	1470	4900	79	8700	29000
24	720	2400	50	1500	5000	80	9000	30000
25	750	2500	(51 t/m 55 worden niet gebruikt)					

Indien de hoogte van de wolkenbasis ligt tussen twee in de bovenstaande tabel gegeven hoogten, wordt het lagere corresponderende codecijfer gegenereerd. (Voorbeeld: hoogte 740 m wordt gecodeerd als 24).



h : hoogte boven het aardoppervlak van de basis der laagst gedetecteerde wolken

h	hoogte (m)
0	0 - 50
1	50 - 100
2	100 - 200
3	200 - 300
4	300 - 600
5	600 - 1000
6	1000 - 1500
7	1500 - 2000
8	2000 - 2500
9	2500 meter of meer, c.q. geen wolken
/	hoogte wolkenbasis onbekend, of basis van de wolken op een niveau lager en bovenkant op een niveau hoger dan dat van het station

Opmerking: Wanneer de hoogte exact gelijk is aan een waarde aan het einde van een interval, wordt de code van het hogere interval gebruikt: b.v. een hoogte van 600 m wordt gemeld met codecijfer 5.

De code voor h wordt ontleend aan de code voor $h_s h_s$. Het proces hierbij is als volgt. Op grond van de meetwaarde (m) van de laagst gedetecteerde wolkenlaag wordt de bijbehorende code $h_s h_s$ bepaald. De laagste waarde (m) van de range behorende bij het desbetreffende codegetal $h_s h_s$ wordt gebruikt voor het vaststellen van het codegetal h . Voorbeeld: meetwaarde van laagste wolkenlaag = 59 meter. In code $h_s h_s$ is dit het codegetal 01 (zie tabel). De laagste waarde (m) bij de range behorende bij code getal 01 is 30 meter. Dit is de waarde voor het vaststellen van het code getal h . Codegetal h wordt dan o cf. bovenstaande tabel. De effectieve grenzen behorende bij de code getallen voor h , worden vermeld in onderstaande tabel.

Grenzen voor de h -code van de wolkenbasis.

h -code	Gren en (m)	Effectieve gren en (m)
0	0 tot 50	0 tot 60
1	50 tot 100	60 tot 120
2	100 tot 200	120 tot 210
3	200 tot 300	210 tot 300
4	300 tot 600	300 tot 600
5	600 tot 1000	600 tot 1020
6	1000 tot 1500	1020 tot 1500
7	1500 tot 2000	1500 tot 2100
8	2000 tot 2500	2100 tot 2700
9	2500 of meer of geen	2700 of meer of geen

1.4.2 METAR-code

De Nederlandse automatische meteorologische waarnemstations die mede berichten genereren voor de luchtvaart, hanteren de volgende auto METAR-code voor de beschrijving van de weerelementen:

- CCCC YYGGggZ dddff(f)Gf_mf_m(f_m)KT d_nd_nd_nVd_xd_x VVVV

		N _s N _s N _s h _s h _s h _s }	
[RD _R D _R /V _R V _R V _R V _R i]	of	}	
- of	w'w' VVh _s h _s h _s }	of CAVOK T'T'/T' _d T' _d	
[RD _R D _R /V _R V _R V _R V _R V _R V _R V _R i]	of	}	
	SKC	}	
	of	}	
	NSC	}	

- QP _H P _H P _H P _H REw'w'	[WS RWYD _R D _R]	[D _R D _R E _R C _R e _R e _R B _R B _R]
	of (WT _s T _s /SS)	of
	[WS ALL RWY]	[SNOCLO]

Opmerkingen:

Elementen of groepen tussen ronde haakjes () zijn facultatief en zijn al of niet in het rapport opgenomen, afhankelijk van bepaalde omstandigheden of regelingen.

Elementen of groepen tussen blokhaken [] zijn niet van toepassing voor een gesloten luchthaven.

Elementen of groepen die schuin gedrukt zijn, ic CAVOK en NSC, worden niet in de auto METAR gebruikt ivm de beperkingen die het geautomatiseerd waarnemen kent. De codering is nog uitsluitend van toepassing voor METAR-berichten op basis van visuele waarnemingen.

Toelichting per wolkelement:

N_sN_sN_s : Categorie van de bedekkingsgraad, gemeld met een 3-letter afkorting:

- SKC = SKy Clear : totale bedekkingsgraad is 0/8
- FEW = FEW : totale bedekkingsgraad is 1/8 - 2/8
- SCT = SCaTtered : totale bedekkingsgraad is 3/8 - 4/8
- BKN = BroKeN : totale bedekkingsgraad is 5/8 - 7/8
- OVC = OVerCast : totale bedekkingsgraad is 8/8

h_sh_sh_s : Hoogte van de basis van een wolkenlaag of -massa, c.q. hoogte van het verticaal zicht VV:

h _s h _s h _s	hoogte (m)	(ft)
000	< 30	< 100
001	030	100
002	060	200
...
099	2970	9900
100	3000	10000
110	3300	11000
...
999	29700 en hoger	99000 en hoger

Opmerkingen:

- Indien de hoogte van de wolkenbasis ligt tussen twee in de bovenstaande tabel gegeven hoogten, wordt het lagere corresponderende codecijfer gegenereerd. (Voorbeeld: hoogte 50 m wordt gecodeerd als 001).
- Met de hoogte wordt bedoeld "boven het aardoppervlak", d.i.:
 - a. boven de officiële hoogte van het vliegveld (Aerodrome reference point)
 - b. boven het stationsniveau voor stations anders dan vliegvelden



NSC: Afkorting voor niet significante bewolking (Nil Significant Clouds)

CAVOK : Afkorting ter vervanging van het zicht, het actuele weer en de bewolking (Clouds And Visibility OK)

NB Het is (nog) niet mogelijk de significante wolken types als CB en TCU automatisch te classificeren. In de auto METAR worden deze types derhalve niet gerapporteerd.

Referentie:

Specificatie AUTO METAR in gebruik bij KNMI, intern KNMI-document, Versie 3.0, d.d. 24 juli 2003; (info Jos de Kloe) (ref.17)

2. Operationele eisen

2.1 bereik

bedekkingsgraad: 0 – 8/8
hoogte wolkenbasis: < 30 m – 30 km

2.2 waarneemresolutie in berichtgeving

bedekkingsgraad: 1/8
hoogte wolkenbasis: 30 m

2.3 vereiste nauwkeurigheid

meting:
bedekkingsgraad: 1/8
hoogte wolkenbasis: 10 m bij ≤ 100 m en 10 % bij > 100 m


in berichtgeving:
bedekkingsgraad: 1/8
hoogte wolkenbasis: 10 m

Zie ook ref. 8 (WMO-No. 8, annex I.B)

2.4 vereiste waarneemfrequentie

Van de gemeten hoogtes van respectievelijk de eerste, tweede en derde wolkenbasis, resp. C1, C2, C3, alsmede van de lengte van het verticaal zicht (SIAM-code: ZV), worden per 12 seconde de volgende waarden in de betreffende SIAM geregistreerd (eenheid C1, C2, C3: tientallen voet ft; eenheid ZV: meters):

- SAMPLE: 12" - registratie van de laatst gemeten hoogte;
- MINUUT: het rekenkundig gemiddelde van de laatste vijf bovengedefinieerde 12" - registraties (dit is inclusief de laatst geregistreeerde momentane waarde);
- 10GEM: gemiddelde over de afgelopen 10 minuten: deze wordt bepaald door middel van het rekenkundig gemiddelde van de laatste vijftig bovengedefinieerde 12"-registraties (dit is inclusief de laatst geregistreeerde momentane waarde);
- MAX: maximum 12" - registratie over de afgelopen 10 minuten: deze is de hoogste waarde van de laatste vijftig bovengedefinieerde 12"-registraties (dit is inclusief de laatst geregistreeerde momentane waarde);
- MIN: minimum 12" - registratie over de afgelopen 10 minuten: deze is de laagste waarde van de laatste vijftig bovengedefinieerde 12"-registraties (dit is inclusief de laatst geregistreeerde momentane waarde);
- STD: de standaarddeviatie over de afgelopen 10 minuten: deze is de standaarddeviatie in de reeks van de laatste vijftig bovengedefinieerde 12"-registraties (dit is inclusief de laatst geregistreeerde momentane waarde).



Afwezige wolken C1 c.q. C2 c.q. C3 worden aangegeven met hoogte 0. Deze worden in de berekeningen niet meegenomen.
(ref.12)

Het door de Ceilometer Vaisala CT 12-K gegenereerde verticaal extinctieprofiel V1 wordt in de betreffende XC2-SIAM opgeslagen als een string van 250 karakters die ieder een meetwaarde van het profiel representeren. Hiermee wordt de backscatter per 50 ft. hoogteverschil gegeven: 0, 50, 100, ..., 12450 ft. (ref.19). Deze faciliteit wordt alleen door de meetstations van de Koninklijke Luchtmacht Klu en van Meetnet Noordzee toegepast.

De XC4-SIAM (behorende bij Ceilometer LD40) geeft naast C1, C2 en C3 (zie boven) tevens CX. Dat is de maximaal meetbare hoogte, zoals deze door de LD40 wordt berekend uit het extinctieprofiel (ref.20).

2.5 vereiste dataaanwezigheid per specifieke periode

De operationele berichtgeving SYNOP/ METAR/SPECI met betrekking tot wolken vereist in principe een 100% beschikbaarheid van data.

3. Instrumenten en techniek

3.1 techniek en specificaties

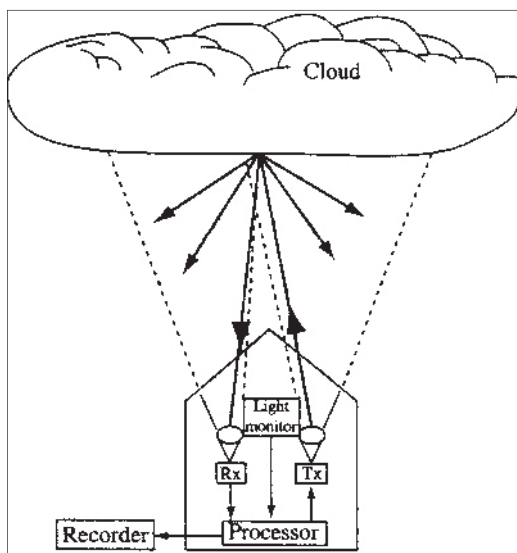
Het door het KNMI operationeel gebruikte instrument voor de meting van de wolkenhoogte is een LD40 wolkenhoogte meter. Fabrikant: Vaisala (voorheen: Impulsphysik).

Meetprincipe

De sensor maakt gebruik van het zgn. LIDAR-principe: LIght Detection And Ranging.

- een lichtbron zendt een verticale laserpuls uit;
- een sensor ontvangt het gereflecteerde c.q. -verstrooide signaal;
- het tijdsverschil en de intensiteit van het teruggekeerde signaal bepalen respectievelijk de hoogte en de concentratie van de deeltjes (aantal deeltjes per volume);
- de gradiënt van het ontvangen signaal als functie van de hoogte bepaalt of de reflectie geschiedt als gevolg van bewolking, neerslag of andere objecten. In het laatste geval is sprake van een beperkt verticaal zicht.

Zie fig.1



Figuur 1,
Laser ceilometer
(uit: WMO no. 8, ref. 8)

Lichtbron

De lichtbron is een laser die met een frequentie van 6494Hz pulsen uitzendt in het nabije infrarood (855 nm).

Sensor

De detector ontvangt het gereflecteerde c.q. -verstrooide signaal. Gemeten wordt het tijdsverschil tussen het uitzenden van een puls en de ontvangst van het teruggekaatste c.q. verstrooide licht. Uit dit tijdsverschil kan de hoogte worden afgeleid van het deeltje dat de reflectie veroorzaakte. De detector registreert in tijdsintervallen van 50 nsec, hetgeen correspondeert met hoogteintervallen van 25 voet. De openingshoek van de sensor is ongeveer 1.2 mrad (ca. 0,069 booggraden). Daarmee bestrijkt het instrument een gebied met een diameter van ongeveer 12 m op 10 km hoogte. De zender en ontvanger hebben een gescheiden optisch pad. Hierdoor zullen de bundels van de uitgezonden laserstraal en de openingshoek van de detector elkaar pas overlappen boven

een hoogte van ongeveer 300 voet. Een wolkenbasis lager dan 300 voet wordt gedetecteerd doordat als gevolg van meervoudige verstrooiing in de wolk toch een signaal van de laser in de detector komt. Door analyse van het tijdsverschil en de sterkte van het geregistreerde signaal kan dan, ondanks het onbekende traject vanwege de meervoudige reflecties, toch een goede inschatting van de wolkenhoogte worden gemaakt.

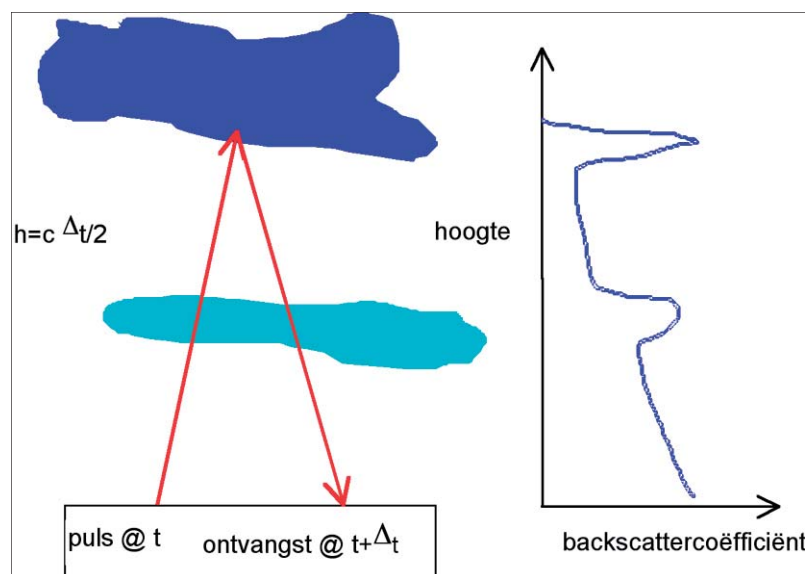
Het verticale bereik van de sensor is van 25 tot en met maximaal 43000 voet met een meetnauwkeurigheid van 25 voet. De sensor geeft uiteraard alleen de bewolking die over de sensor trekt. Het maximale verticale bereik van de sensor zal in aanwezigheid van een optisch dikke wolk of in een troebele atmosfeer minder zijn. Met name bij neerslag zal de sensor een groot verstorend signaal ontvangen. In het algemeen geeft de sensor ook in deze omstandigheden de wolkenbasis correct weer en niet de neerslag. In situaties dat de sensor compleet in de mist staat meldt de sensor bewolking op 25 voet. De sensor registreert het maximale meetbereik bij de meting. In een troebele atmosfeer of bij een dikke wolkenlaag geeft de sensor hiermee aan dat geen informatie beschikbaar is boven het maximale bereik.

Opstelling wolkenhoogtemeter

De wolkenhoogtemeter staat niet verticaal opgesteld, maar helt onder een hoek van 5° naar het noorden. Er is gekozen voor deze opstelling omdat met deze opstelling het signaal van neerslag enigszins wordt onderdrukt in vergelijking met het signaal van bewolking. Zwevende wolkendruppels zijn bolvormig en de terugverstrooiing is daarom gelijk bij een verticale of schuine opstelling van de wolkenhoogtemeter. Vallende neerslag daarentegen is afgeplat. Bij een schuine opstelling zal het terugverstrooide signaal minder zijn dan bij een verticale opstelling omdat het deeltje niet meer symmetrisch is ten opzichte van de verstrooiingsrichting.

Signaalverwerking

De sensor meet voor iedere uitgezonden puls het terugverstrooide vermogen als functie van de tijd c.q. hoogte. Deze zogenaamde backscattercoëfficiënt is een maat voor het aantal en grootte van deeltjes zoals wolkendruppels, reghendruppels en/of aërosol (stof of andere vaste deeltjes) op de betreffende hoogte in de atmosfeer (zie Figuur 2). Omdat het uitgezonden vermogen van één



Figuur 2 Schematische weergave van de werking van een lidar wolkenhoogtemeter.



laserpuls onvoldoende is om bewolking goed te kunnen detecteren, wordt het ontvangen signaal van meerdere pulsen geïntegreerd. Op deze manier wordt de bijdrage van ruis onderdrukt in het voordeel van het werkelijke signaal. Tevens wordt de systematische bijdrage van ruis, die per instrument gekarakteriseerd is door metingen verricht bij afgedekte ontvanger, van de meting afgetrokken. In het aldus verkregen backscatterprofiel, dat elke 15 seconden* door de sensor wordt ververst, wordt vervolgens gezocht naar de signatuur van wolken. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van de waarde van de backscattercoëfficiënt alsmede de gradiënt ervan om neerslag en aërosol van wolkendruppels te kunnen onderscheiden. Afhankelijk van de hoogte wordt het backscatter signaal geïntegreerd over 15 tot 120 seconden en worden andere criteria voor wolkendetectie gebruikt. Om de detectie van hoge cirrus bewolking mogelijk te maken vindt zelfs integratie over 10 minuten plaats in combinatie met middeling over hoogte-intervallen.

Detectie meerdere wolkenlagen

De sensor kan melding maken van de volgende situaties:

- een onbewolkte situatie;
- 1, 2 of 3 wolkenlagen gedetecteerd;
- er is een obstructie waargenomen, maar deze voldoet niet aan de criteria voor bewolking.

De laatste situatie wordt door de sensor gemeld als onbewolkt, maar met een verticaal zicht. Deze situatie komt soms voor bij hevige neerslag of sneeuw. De sensor kan maximaal 3 wolkenlagen tegelijk detecteren (indien aanwezig en mits de onderliggende wolkenlagen voldoende transparant zijn). Bovendien kunnen hogere lagen zonder optische beperking waargenomen worden, indien gedurende een deel van de middelingstijd tijdelijk geen sprake was van lagere wolkenlagen (bijvoorbeeld omdat deze lagen bestaan uit voortdrijvende losse wolken).

Kwaliteitscontrole meting

De sensor bevat een referentie detector en een referentie laser. Deze worden gebruikt om het vermogen van laser en de gevoeligheid van de detector te meten en zo nodig bij te stellen. Een aparte detector bij de zender registreert eventuele verstrooiing aan het venster van de zender. De mate van verstrooiing bepaalt de mate van vervuiling. Indien het verstrooide signaal boven een bepaalde drempelwaarde uitkomt (50%), wordt een waarschuwing gegenereerd. Daarnaast wordt regelmatig een (verwarmde) luchtstroom over het venster geblazen om neerslag te verwijderen.

Zie figuur 3

Sensoroutput

- a) wolkenbasishoogte van 3 lagen: C_1 , C_2 , C_3 (eenheid: voet);
- b) verticaal zicht ZV (eenheid: voet);
- c) maximaal verticaal bereik CX (eenheid: voet);
- d) backscatter aan venster van zender WBS (eenheid: %)

De actuele meetwaarden C_1 , C_2 , C_3 , ZV en CX worden geleid naar de XC4 SIAM. De wolkenbases en het bereik worden in deze SIAM opgeslagen in tientallen voet (d.i. door de sensorwaarden te delen door 10 en af te ronden). Het verticaal zicht wordt in de SIAM opgeslagen in meters (d.i. conversie van

*de updating van het backscatterprofiel loopt dus niet synchroon met de dataverwerking in de SIAM, 15" versus 12"; eea hangt samen met de gestandaardiseerde klokfrequentie van de respectievelijke systemen, sensor en SIAM; op de kwaliteit van de dataoutput heeft dit verschil in frequentie geen noemenswaardige invloed

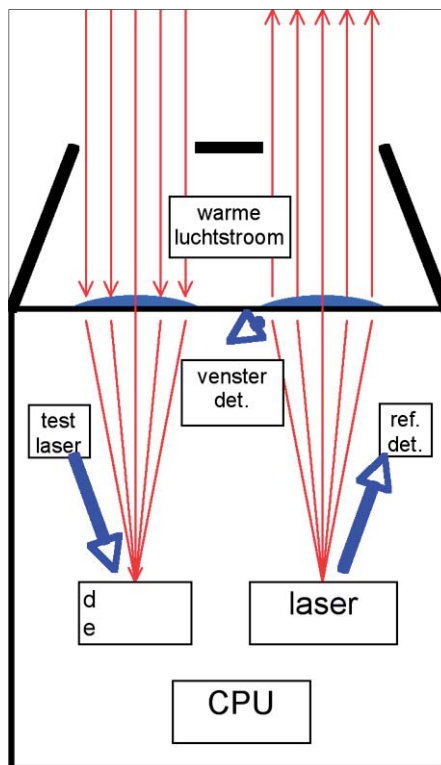


Fig.3 De LD40 wolkenhoogtemeter en een schematische tekening van de belangrijkste onderdelen van de sensor.

de sensor waarden van voet naar meter). De actuele sensorwaarden, die elke 15 seconden ververst worden, worden gemeld als de instantane waarde. Deze waarden zijn gebaseerd op een integratie periode variërende van 15 seconden tot en met 10 minuten.

Figuren 2 en 3 uit Specificaties AVW, Wiel Wauben (mmv Ruud Ivens, Piet de Vries), 13 november 2001

Referenties:

- Specificaties AVW, Wiel Wauben (mmv Ruud Ivens, Piet de Vries), 13 november 2001, met korte beschrijving van methodiek Ceilometer om uit de ontvangen data de waarden van C1, C2, C3 e.a. te bepalen (ref.16); par. 2.2 Wolkenhoogtemeter;
- User manual Laser Ceilograph LD-25/40 explorer/ tropopauser, Impulsphysik (ref.15);
- Duurtest LD40 en FD12P op Meetpost Noordwijk, Wiel Wauben, KNMI Technical Report TR-256, De Bilt, 2003 (ref.4).

3.2 onderhoud- en calibratieprocedures

De onderhoud- en calibratieprocedures zijn vastgelegd in het ISO-9001 kwaliteitssysteem Operationeel Handboek Instrumentele Afdeling van INSA, in het bijzonder de procedurebeschrijvingen in par. 2.2.3, Beheersprocedure preventief onderhoud, en par. 2.2.5, Uitvoeren van IJkingen {<http://info.knmi.nl/mi-insa/iso/isoinh.html>}

De (her-)ijking van de operationeel gebruikte c.q de te gebruiken instrumenten geschiedt in het IJklaboratorium van het KNMI.

Referentie: (ref.14)

4.Procedures

4.1 procedures bij uitval automatische waarnemingen

De operationele berichtgeving SYNOP/ METAR/SPECI met betrekking tot wolken vereist in principe een 100% beschikbaarheid van data (zie par. 2.5 bij dit hoofdstuk). Deze principe voorwaarde impliceert voor ieder operationeel meteorologisch waarnemstation een permanente beschikbaarheid van het wolkendetectiesysteem, inclusief datatransport.

Bij uitval van het systeem dient de reparatieprocedure met onmiddellijke ingang te worden gestart. De details zijn beschreven in de KNMI/MSB storingsregeling.

Referentie: Operationeel Handboek Instrumentele Afdeling

<http://info.knmi.nl/mi-insa/iso/isoinh.html>

ihb par.2.2.4, Beheersprocedure correctief onderhoud (ref.i8)

4.2 procedures voor achteraf validatie van de bewolking (AUTO-SYNOP)

In het Klimatologische Informatiesysteem KIS worden de AUTO-SYNOP-waarden wolken op dagbasis ingelezen en gearhiveerd. Per station worden per uurwaarden automatisch de volgende controleprocedures toegepast

<i>AUTO-SYNOP-code</i>	<i>KZ-code</i>
h	H
N	N
N_s, h_s, h_s^i	$NS_i, Hi\} (i=1,2 \text{ of } 3)$

N

- N moet $\geq NS_1$ anders verdacht, idem NS_2 , idem NS_3 ,
- Als $wawa = 03$ of $wawa \geq 40$ (uitgezonderd $wawa = 78$) dan moet $N < 0$ anders verdacht,
- Als $NS_1 = 9$ dan moet $N = 9$ anders verdacht,
- Als NS_1 is ontbrekend dan moet $N = 0$ anders verdacht,
- Als $H = 0$ of $1..8$ dan moet $N > 0$ anders verdacht,
- N moet ≤ 9 anders verdacht,
- N moet ≥ 0 anders verdacht.

NS_i

- Als $N > 0$ dan moet $NS_i \geq 1$ anders verdacht,
- Als $N = 9$ dan moet $NS_i = 9$ anders verdacht,
- Als $wawa = 03$ of $wawa \geq 40$ (uitgezonderd $wawa = 78$) dan moet $NS_i \geq 1$ anders verdacht,
- NS_i moet $\leq N$ anders verdacht,
- NS_i moet 1 of 2..9 anders verdacht.

H₁

- a. Als H₂ is niet ontbrekend en H₁ is niet ontbrekend, dan moet H₂ > H₁ anders verdacht,
- b. Als H = 0 dan moet H₁ = 0 of 1 anders verdacht ,
- c. Als H = 1 dan moet H₁ = 2 of 3 anders verdacht,
- d. Als H = 2 dan moet H₁ = 4 of 5 of 6 anders verdacht,
- e. Als H = 3 dan moet H₁ = 7 of 8 of 9 anders verdacht,
- f. Als H = 4 dan moet H₁ = 10 of 11..19 anders verdacht,
- g. Als H = 5 dan moet H₁ = 20 of 21..33 anders verdacht,
- h. Als H = 6 dan moet H₁ = 34 of 35..49 anders verdacht,
- i. Als H = 7 dan moet H₁ = 50 of 56 anders verdacht,
- j. Als H = 8 dan moet H₁ = 57 of 58 anders verdacht,
- k. Als H = 9 dan moet H₁ > 58 of ontbrekend anders verdacht,
- l. H₁ moet = 0 of 1..50 of 56..89 of ontbrekend anders verdacht,
- m. Als N = 9 dan moet H₁ = 0 of 1..3 anders verdacht,
- n. Als N₁ is niet ontbrekend dan moet H₁ niet ontbrekend zijn anders verdacht.

NS₂

- a. NS₂ moet 3 of 4..8 anders verdacht,
- b. Als NS₁ = 9 of ontbrekend dan moet NS₂ ontbrekend zijn, anders verdacht.

H₂

- a. Als H₁ is niet ontbrekend en H₂ is niet ontbrekend dan moet H₁ < H₂ anders verdacht,
- b. H₂ moet = 1 of 2..50 of 56..89 of ontbrekend anders verdacht,
- c. Als NS₂ is niet ontbrekend dan moet H₂ niet ontbrekend zijn anders verdacht,
- d. Als NS₂ is ontbrekend dan moet H₂ ontbrekend zijn anders verdacht.

NS₃

- a. NS₃ moet 5 of 6..8 of ontbrekend anders verdacht,

H₃

- a. Als H₂ is niet ontbrekend en H₃ is niet ontbrekend dan moet H₃ > H₂ anders verdacht,
- b. H₃ moet = 2 of 3..50 of 56..89 of ontbrekend anders verdacht,
- c. Als NS₃ is niet ontbrekend dan moet H₃ niet ontbrekend zijn anders verdacht,
- d. Als NS₃ is ontbrekend dan moet H₃ ontbrekend zijn anders verdacht.

De daglijsten met de AUTO-SYNOP- waarden van alle stations in Nederland worden op de eerstvolgende werkdag uitgeprint. In deze lijsten zijn de met behulp van bovenstaande controleprocedures gegenereerde verdachte c.q. ontbrekende waarden voorzien van een sterretje(*).

De afdeling WM-OD-BWS controleert de lijsten en kijkt met name naar de "gesterde" waarden. Deze verdachte c.q. ontbrekende waarden worden zo mogelijk vervangen.

De alternatieve waarde wordt onder meer gebaseerd op:

- aangrenzende (correcte) 10-minuten waarden in de tijdreeks,
- vergelijking met waarden van verwante parameters zoals relatieve vochtigheid, straling, weercode e.d.
- waarden van 2 of meer nabije stations,
- satellietfoto's,

- 
- beelden neerslagradar,
 - bliksemdetectiesysteem.

Vervanging geschiedt handmatig.

4.3 procedures voor inspectie

Iedere wolkenmeter met een operationele functie in het KNMI-meetnet wordt in principe 2 maal per jaar geïnspecteerd door een stationsinspecteur van WM/OD/BWS. Op de vliegbases van de Koninklijke Luchtmacht vindt deze inspectie uit logistieke overwegingen 1 maal per jaar plaats. Per vliegbasis controleert de staf aldaar tussentijds de meetomstandigheden. De wolkenmeters op Schiphol met een lokale functie, d.i. uitsluitend ten behoeve van de nabije start-/landingsbaan, worden eveneens uit logistieke overwegingen slechts 1 maal per jaar geïnspecteerd door een stationsinspecteur van WM/OD/BWS. De Havendienst van deze luchthaven controleert tussentijds de meetomstandigheden.

De inspectie omvat de volgende controles:

- Een visuele beoordeling of de meetomstandigheden en de omgeving aan de gestelde condities voldoen. Indien dit niet het geval is, kwalificeert de inspecteur de betreffende locatie voor wat betreft de operationele wolkenmetingen met onmiddellijke ingang als onvoldoende. Afhankelijk van de situatie beoordeelt de stationsinspecteur welke correctieve acties ondernomen dienen te worden om een en ander te herstellen conform de operationele eisen. De acties kunnen variëren van een opdracht c.q. verzoek aan de beheerder van het betreffende waarnemsterrein tot aanpassing van de terreinsituatie tot de start van een procedure om een nieuwe locatie te zoeken. Bij defecten aan de meetopstelling wordt een opdracht voor herstel aan de afdeling INSA/MSB gestuurd.
- Controle of de ijktermijn van het meetinstrument nog niet is verlopen. Is dit het geval dan wordt de afdeling INSA/MSB hierover geïnformeerd, opdat uitwisseling zal plaatsvinden.

Op verzoek van WA of WM/KD kan een extra tussentijdse inspectie plaatsvinden, indien twijfels bestaan over de kwaliteit en validiteit van de data.

WM/OD/BWS is verantwoordelijk voor de locatiekeuze in het geval van plaatsing van een wolkenmeter op een nieuwe locatie, c.q. verplaatsing van een bestaande wolkenmeter naar een nieuwe locatie. Hiertoe toetst deze afdeling een of meer opties aan de vereiste condities voor opstelling en omgeving. Na het uiteindelijk vaststellen van de geschikte locatie rapporteert BWS hieromtrent aan INSA/MSB, welke afdeling vervolgens actie onderneemt om de (ver-)plaatsing te realiseren.

Indien op een locatie de wolkenmeter vervangen wordt, behoeft geen extra inspectie plaats te vinden. Wel dient WM/OD/BWS vooraf door INSA/MSB geïnformeerd te worden door middel van een tijdsplan van de ophanden zijnde vervanging. Binnen 1 week na plaatsing wordt WM/OD/BWS hieromtrent door INSA/MSB bericht, inclusief toezending ijkbewijs.

Van alle inspectiebezoeken wordt een rapport opgesteld door de stationsinspecteur. Dit rapport wordt opgeslagen in het Stations Administratie en Informatie Systeem (SAIS). Een notificatie van het beschikbaar komen van het rapport wordt per e-mail verspreid.

5. Herleiding van parameters

herleiding wolkenparameters (hoogte, bedekking, soorten) uit metingen

De minuut gegevens van de wolkenhoogtemeter van de afgelopen 30 (maximaal 60) minuten worden elke 10 minuten met het wolkenhoogtemeteralgoritme omgezet in wolkenparameters die in de MetNet database moeten worden opgenomen. Het algoritme gebruikt de minuut gegevens van maximaal 3 wolkenlagen C_1 , C_2 en C_3 en van het verticaal zicht VV van de afgelopen $NMAX_1 + NMAX_2$ minuten. De parameters $NMAX_1$ en $NMAX_2$ zijn instelbaar, maar hun som is maximaal 60. De gegevens van de laatste $NMAX_2$ minuten krijgen een dubbel gewicht. Het algoritme corrigeert voor de hoogte van de ceilometer Z_c (m) boven stationshoogte. Bij onbewolkt ($C_1=0$) wordt de sensormelding van verticaal zicht ($VV>0$) als bewolkt geïnterpreteerd. De uitvoer van het algoritme bestaat uit de wolkenbasis hc , de totale bedekkingsgraad nc , en de wolkenlaaghoogtes hci en hoeveelheden nci voor maximaal 3 lagen. De hoogtes zijn gegeven in ft, de bedekkingsgraden in okta's. Indien het algoritme geen of te weinig invoer gegevens heeft dan zijn $hc=hci=-1$ en $nc=nci=-1/8$. In geval van geen bewolking is $nc=0/8$ en $hc=0$ terwijl bij bewolking $nc=1/8, \dots, 8/8$ met $hc>0$ en bij verticaal zicht $nc=9$ met $hc=-1$. De criteria voor verticaal zicht zijn: de gehele tijd alleen VV meldingen onder de 500ft of maar 1 wolkenlaag van 8 octa en basis onder de 500ft en horizontaal zicht minder dan 1000m. In geval van bewolking en verticaal zicht is er ook tenminste 1 wolkenlaag met $nci>0/8$ en $hci>0$. Indien er maar 1 of 2 wolkenlagen gevonden zijn, geldt voor de resterende 2 respectievelijk 1 lagen $nci=0$ en $hci=0$. (ref.3, A11. Ceilometer)

Wolkenalgoritme Larsson-Esbjörn

Het wolkenalgoritme is ontwikkeld door Larsson en Esbjörn (ref. 1, 1995). Het algoritme is geïmplementeerd in het MetNet (zie ref. 3). Per hele minuut worden de 1- minuut data van de Ceilometer getransformeerd in een waarde van de wolken basis hoogte, de waarde van de bedekkingsgraad, en de waarden van bedekkingsgraad en hoogte van maximaal 3 wolkenlagen. Het algoritme gebruikt hierbij de meetresultaten van de Ceilometer met betrekking tot C_1 , C_2 , C_3 en VV gedurende de afgelopen 30 minuten, en gebruikt tevens de 10 minuten gemiddelde waarde van het horizontale zicht. De procedure is als volgt:

- Indien minder dan 75% van de betreffende data van de afgelopen 30 minuten beschikbaar is, wordt de output mbt de wolkenparameters als invalide beschouwd.
- Bij "wolkenvrije" situaties wordt de waarde van VV beschouwd als wolkenbasis C_1 .
- De hoogte van de Ceilometer boven stationsniveau wordt toegevoegd aan de Ceilometer data.
- Data van de Ceilometer van de laatste 10 minuten krijgen dubbel gewicht.
- De desbetreffende Ceilometer data ten behoeve van de bepaling van de wolkenbasishoogte wordt gesorteerd, zodat een verdelingstabel (in okta) te realiseren is.
- Het aantal entries corresponderend met ieder octagebied van de data wordt bepaald waarbij rekening wordt gehouden met het gewicht van deze entries. Hierbij geldt dat er van een bedekking van 0 en 8 okta alleen dan sprake is bij respectievelijk nul wolkenhits en uitsluitend wolkenhits.

- De laagste wolkenhit C_1 is de wolkenbasis, en het totale gewicht van wolkenhits van C_1 bepaalt de totale bedekkingsgraad.
- Er wordt gecontroleerd of er sprake is van wolken op het midden van een oktainterval en indien dit het geval is, wordt de laagste hoogte in het okta interval gebruikt als de ermee corresponderende wolkenbasis. Hierbij wordt een maximumoverlap van de wolkenlagen verondersteld.
- Een lagere wolkenlaag wordt gecombineerd met de naast hogere laag als zij dicht* genoeg bij elkaar liggen om er 1 laag van te maken met een hoogte behorende bij de laagste laag en de bedekkingsgraad behorende bij de hoogste laag.
- Bovenbeschreven procedure wordt herhaald voor de C_2 en C_3 data van de Ceilometer.
- De resultaten van C_1 , C_2 en C_3 worden gecombineerd. De bedekkingsgraad van een hogere laag dient hierbij tenminste die van de onderliggende laag te zijn.
- De resterende wolkenlagen worden gereduceerd tot maximaal 4 lagen, waarbij de bijdrage van de eerste laag tenminste 1 okta is, van de tweede laag tenminste 3 okta, van de derde laag tenminste 5 okta en van de 4e laag tenminste 7 okta.
- Slechts de eerste 3 wolkenlagen worden verwerkt in de berichtgeving, terwijl een laag boven een laag met 8 okta wordt genegeerd.
- Hemel verduistering (door mist of andere fenomenen) { $N = 9$ in de SYNOP } wordt gerapporteerd als slechts 1 wolkenlaag wordt gedetecteerd met een bedekking van 8 okta en een basishoogte van minder dan 500 ft, er niet 1 C_2 hit is geregistreerd, en het horizontale zicht (MOR) minder dan 1000 meter is.

* wolkenlagen worden apart beschouwd als de onderlinge afstand groter is dan een bepaalde waarde in feet. De betreffende afstand dhf is afhankelijk van de basishoogte h van de onderste laag -> dhf (h):

$h \leq 1000 \rightarrow dhf=100$

$h \leq 2000 \rightarrow dhf=200$

$h \leq 3000 \rightarrow dhf=300$

$h \leq 4000 \rightarrow dhf=400$

$h \leq 5000 \rightarrow dhf=500$

$h \leq 15000 \rightarrow dhf=3000$

$h > 15000 \rightarrow dhf=5000$

Referentie:

Automation of visual observations at KNMI; (II) Comparison of AUTOMATED CLOUD REPORTS WITH ROUTINE VISUAL OBSERVATIONS; Wiel M.F. Wauben, Royal Netherlands Meteorological Institute (KNMI), De Bilt, The Netherlands, 2002 (ref. 2).

6. Opstellingseisen en omgevingscondities

6.1 opstellingseisen en –voorzieningen

De wolkenmeter is geplaatst op vlak terrein. De opstelling is niet geheel verticaal, maar helt onder een hoek van 5° naar het noorden. Aldus kan het signaal van reflectie door neerslag enigszins worden onderdrukt in vergelijking met het signaal van reflectie door bewolking. De uittredende bundel mag niet onderbroken worden door objecten in de nabijheid van de meetlocatie, zoals boomtakken, kabels, e.d. In de omgeving mogen geen bronnen zijn die door verstuiving het bovenglas van de meter kunnen bevuilden, vgl. zandhopen, e.d. Een en ander ter beoordeling van de inspecteur.

6.2 condities m.b.t. omgeving en meetlocatie, c.q. representativiteit waarnemingen

De condities zijn gerelateerd aan onderstaande functionaliteiten:

- synoptische berichtgeving (SYNOP) van wolkeninformatie (bedekking, hoogte wolkenbases, type bewolking): de wolkenwaarneming/-meting dient representatief te zijn voor de omgeving van het waarneemstation;
- in het geval van een meteorologisch waarneemstation op een vliegveld, berichtgeving aan de luchtvaart van wolkeninformatie (bedekking, hoogte wolkenbases, type bewolking) ter verspreiding buiten de luchthaven (METAR, SPECIAL): de wolkenwaarneming/-meting dient representatief te zijn voor het vliegveldterrein (aerodrome), alsmede voor de onmiddellijke (immediate) omgeving van het vliegveld, alsmede voor de aanvliegroutes (approach area) in verband met de reports for landing;
- in het geval van vliegtuiglandingen op precision approach runways: de wolken waarneming/ -meting (bedekking, hoogte wolkenbases, type bewolking) dient representatief te zijn voor de situatie ter hoogte van de ILS (Instrument Landing System) middle marker site in de aanvliegroute.

Referenties:

- WMO no.8, Guide to meteorological instruments and methods of observations, 6th edition, (part I, chapter 15, Observation of clouds; part II, chapter 2, Measurements and observations at aeronautical meteorological stations, par.2.6), WMO, Genève, 1996; (ref.8)
- International Civil Aviation Organisation ICAO: 'Meteorological Service for International Air Navigation, International Standards and Recommended Practices', annex III to the convention on International Civil Aviation, 13th edition, ICAO, Montreal, 1998 (ref.22).

Referenties

- 1) Cloud Cover Algorithm, Larsson, B. and Esbjörn, E., SMHI IO-BN 1995-01-11, 1995;
- 2) Automation of visual observations at KNMI; (II) Comparison of AUTOMATED CLOUD REPORTS WITH ROUTINE VISUAL OBSERVATIONS; Wiel M.F. Wauben, Royal Netherlands Meteorological Institute (KNMI), De Bilt, The Netherlands, 2002;
- 3) RIS-algoritmen, Versie 3.0, ihb par. 2 A11 en 4.1, W.Wauben, KNMI INSA-IO, KNMI, De Bilt, 2001;
- 4) Duurtest LD40 en FD12P op Meetpost Noordwijk, Wiel Wauben, KNMI Technical Report TR-256, De Bilt, 2003;
- 5) Handboek Meteorologische Codes, versie 7.0, P.IJ.de Vries, 2003;
- 6) Synoptische en klimatologische waarnemingen en codes, Elementaire Vakopleiding Meteorologie (EVM), module A4/B1, E.Chavanu, KNMI, De Bilt, 1996;
- 7) RIS-algoritmen, W.Wauben, KNMI INSA-IO, KNMI, De Bilt, 2001;
- 8) WMO no.8, Guide to meteorological instruments and methods of observations, 6th edition, (chapter 15, Observation of clouds), WMO, Genève, 1996;
- 9) WMO no.407, International cloud atlas, Volume II, WMO, Genève, 1987;
- 10) Het Internationale Stelsel van Eenheden (SI), Nederlands Meetinstituut NMI, Delft, 1994;
- 11) Basisontwerp Vernieuwing Operationeel Klimatologisch Informatiesysteem VOKIS, KNMI-document, 1992;
- 12) X-SIAM-specificatie, J.R.Bijma, Insa Document ID-30-015, versie 1.8, KNMI-Insa, KNMI-document, 2001;
- 13) Cloud Cover Algorithm, Larsson, B. and Esbjörn, E., SMHI IO-BN 1995-01-11, 1995;
- 14) ISO-9001 kwaliteitssysteem Operationeel Handboek Instrumentele afdeling van INSA, ihb Calibratieprocedures van het KNMI-IJklaboratorium, A. van Londen, Insa/IO, KNMI, De Bilt, 1994;
- 15) User manual Laser Ceilograph LD-25/40 explorer/ tropopauser, Impulsphysik;
- 16) Specificaties AVW, Wiel Wauben (mmv Ruud Ivens, Piet de Vries), 13 november 2001, met korte beschrijving van methodiek Ceilometer om uit de ontvangen data de waarden van C1, C2, C3 e.a. te bepalen;
- 17) Specificatie AUTO METAR in gebruik bij KNMI, intern KNMI-document, Versie 3.0, d.d. 24 juli 2003;
- 18) ISO-9001 kwaliteitssysteem Operationeel Handboek Instrumentele afdeling van INSA, <http://info.knmi.nl/mi-insa/iso/isoinh.html>; ihb par.2.2.4, Beheersprocedure correctief onderhoud;
- 19) XC2-SIAM Vaisala Ceilometer, J.R.Bijma, Insa Document ID-30-013, versie 2.0 KNMI-Insa, KNMI-document, 1994; <http://info.knmi.nl/mi-insa/techdoc/index.html>;
- 20) XC4-SIAM Impulsphysik LD40 Ceilometer, J.R.Bijma, Insa Document ID-30-045, versie 1.0 KNMI-Insa, KNMI-document, 1999; <http://info.knmi.nl/mi-insa/techdoc/index.html>
- 21) World Meteorological Organization WMO 306, Manual on codes; Volume 1: International codes, WMO, Genève, 1995; Volume II--Regional codes and national coding practices, WMO, Genève, 1998; <http://www.wmo.int/web/catalogue/New%20HTML/frame/engfil/306.html>
- 22) International Civil Aviation Organisation ICAO: 'Meteorological Service for International Air Navigation, International Standards and Recommended Practices', annex III to the convention on International Civil Aviation, 13th edition, ICAO, Montreal, 1998.

Inhoud

Hoofdstuk 16. Ozon

- i. Opmerking 16 - i



16. Ozon

1. Opmerking

De ozonmetingen, die worden verricht door het KNMI met behulp van een radiosonde en ten behoeve van klimaatonderzoek staan beschreven in hoofdstuk 12, Bovenluchtmetingen.

Ozonmetingen voor meteorologie en klimatologie vinden voor Nederland verder uitsluitend plaats in internationaal verband met behulp van remote sensing technieken vanuit de ruimte. Dit onderdeel is daarom vooralsnog niet voorzien om te worden opgenomen in dit Handboek Waarnemingen.

Inhoud

Hoofdstuk 17. Atmosferische samenstelling

- i. Opmerking 17 - I



17. Atmosferische samenstelling

1. opmerking

Waarnemingen van de atmosferische samenstelling vinden voor Nederland uitsluitend plaats in internationaal verband met behulp van remote sensing technieken vanuit de ruimte. Dit onderdeel is daarom vooralsnog niet voorzien om te worden opgenomen in dit Handboek Waarnemingen.

Inhoud

18. Zeewatertemperatuur

- 1. Beschrijving 18-1
 - 1.1 inleiding 18-1
 - 1.2 definitie, omschrijving van het begrip 18-1
 - 1.3 eenheden 18-1
 - 1.4 elementcode 18-2
 - 2. Operationele eisen 18-5
 - 2.1 bereik 18-5
 - 2.2 waarneemresolutie in verband met de berichtgeving 18-5
 - 2.3 operationeel vereiste nauwkeurigheid 18-5
 - 2.4 vereiste waarneemfrequentie 18-5
 - 3. Instrumenten en techniek 18-7
 - 3.1 techniek en specificaties 18-7
 - 3.2 onderhoud- en calibratieprocedures 18-7
 - 4. Procedures 18-9
 - 4.1 procedures bij uitval automatische waarnemingen 18-9
 - 4.2 procedures voor achteraf validatie 18-9
 - 4.3 procedures voor inspectie 18-9
 - 5. Herleiding andere parameters 18-11
 - 6. Opstellingseisen en omgevingscondities 18-13
- Referenties 18-15
- Bijlage.1 Beheersplan Pt2000 sensor in meetnet Noordzee 18-17
- Bijlage.2 Temperatuur sensor 18-24



Zeewatertemperatuur

1. Beschrijving

1.1 inleiding

In dit hoofdstuk wordt de grootheid “Zeewatertemperatuur” beschreven.

Internationale aanduiding : Sea-surface temperature.

{ WMO,no.8, Guide to meteorological instruments and methods of observations, 6th edition, Part 2, Chapter 4, Marine observations, par. 4.2.II, ref.4}

Dit hoofdstuk beperkt zich, conform de context van het Handboek, tot de metingen zeewatertemperatuur op de vaste waarnemstations aan de Nederlandse kust en op de Noordzee. De data van deze metingen wordt middels de zogeheten ZEET-code verspreid. De metingen zeewatertemperatuur vanaf mobiele stations, i.c. schepen, worden niet in dit hoofdstuk beschreven. Hier voor kan verwezen worden naar de Guide van de UK Met.Office, de betreffende WMO-guide en KNMI-handboek scheepswaarnemingen. Teneinde het onderscheid met de ZEET-code te preciseren wordt in par. 1.4 wel kort de SHIP-code voor zeewatertemperatuur data beschreven. Voor de goede orde: de SHIP-code is feitelijk alleen van toepassing op de scheepswaarnemingen.

1.2 definitie, omschrijving van het begrip

Voor de fysische definitie van het begrip “temperatuur” wordt verwezen naar H.2, Temperatuur, par. 1.2.

De zeewatertemperatuur, zoals in dit hoofdstuk beoogd, betreft de temperatuur van het laagje zeewater dat direct grenst aan het wateroppervlak. Hierbij moet rekening worden gehouden met de (gewoonlijk) wisselende waterhoogte vanwege golven. Het verschil van deze watertemperatuur en de luchttemperatuur van de luchtlaag direct boven het wateroppervlak kan een indicatie geven met betrekking tot de mate van stabiliteit van de atmosfeer, alsmede over de mate van verdamping.

{WMO,no.8, Guide to meteorological instruments and methods of observations, 6th edition, Part 2, Chapter 4, Marine observations, par. 4.2.II, ref.4}

1.3 eenheden

Het gehanteerde eenhedenstelsel “zeewatertemperatuur” is identiek aan dat van luchttemperatuur. (zie:H.2, Temperatuur, par. 1.3).

De blijvend erkende eenheid volgens SI (ref. 7) voor de thermodynamische temperatuur T is kelvin (K). Deze eenheid is gedefinieerd als de fractie $1/273,16$ van de temperatuur van het tripel punt van water.

Naast de thermodynamische temperatuur T (ook wel kelvintemperatuur genoemd) kent men de grootheid celsiustemperatuur t . De erkende SI-eenheid daarvoor is de graad Celsius, symbool °C. De celsiustemperatuur is gedefinieerd als het verschil $t = T - T_0$, waarbij $T_0 = 273,15$ K (zie ref.7 en ref.4, part I, par. 2.1.2.). Dus:

$$t/^{\circ}\text{C} = T/\text{K} - 273,15.$$

De eenheid "graden fahrenheit" , symbool °F, waarvoor geldt

$t_v/^\circ\text{F} = 9/5 t/^\circ\text{C} + 32$, wordt in Nederland niet als erkende grootheid gebruikt.

De huidige internationale temperatuurschaal waarvoor T en t sinds 1990 zijn gedefinieerd, is volgens ITS-90 (zie o.m. ref. 4, part I, hfd. 2, Annex). Uitgedrukt in de celsiustemperatuur geldt voor deze schaal:

t_{90} [vriespunt H_2O]	=	0,000 °C
t_{90} [tripelpunt H_2O]	=	0,010 °C
t_{90} [kookpunt H_2O]	=	99,974 °C

1.4 elementcode

Stations van het RWS Meetnet Zeeuwse Getijdenwateren Zege en van het RWS Meetnet Noordzee meten continu de temperatuur van het (zee-)wateroppervlak. Een overzicht van de betreffende stations, alsmede in grafische vorm de actuele meetgegevens van deze stations wordt gepresenteerd via de internetsite "Actuele waterdata" van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat. <http://www.actuelewaterdata.nl>

Het KNMI kan beschikken over de data. Voor een selectie van stations van het Meetnet Zege en van het Meetnet Noordzee wordt op basis van de data zeewatertemperatuur een uurlijks bericht gegenereerd (overzicht stations in de onderstaande stationslijst). De berichtgeving geschiedt onder de nationale codenaam ZEET. De Centrale Weerkamer CWK van de Sector WA maakt gebruik van deze berichtgeving bij het samenstellen van een maritiem weerbericht. De data zeewatertemperatuur wordt tevens gebruikt bij validatie van satellietdata, in data assimilatie modellen (o.m. ijsgroeimodel) en in klimatologie.

Het uurlijkse ZEET-rapport is als volgt samengesteld:

Sectie o: $M'_i M'_i M'_i M'_i$ YYGG/

Sectie r: $IIiii$ $o_s T_w T_w T_w$ LLLL

Toelichting:

$M'_i M'_i M'_i M'_i$: Identificatie groep: het zeewatertemperaturenbericht wordt geïdentificeerd door: $M'_i M'_i M'_i M'_i = \text{ZEET}$

YYGG/ : Datum-tijdgroep

YY: Dag van de maand

GG: Waarnemingstijd in hele uren UTC

/ : Aanvulling tot 5 tekens

II - Bloknummer (Nederlandse stations: 99)

iii - Stationsnummer (zie bijlage Stationslijst)

o - kencijfer

s_n - teken van de waarde (o: positieve temperatuur of 0° C; r: negatieve temperatuur)

$T_w T_w T_w$ - zeewatertemperatuur in tienden van graden Celsius

LLLL - 4-letter afkorting stationsnaam (zie bijlage Stationslijst)

Stationslijst Zeewatertemperaturen

Meetnet Zege*

Stations naam	Blok-/stations- nummer	Geografische positie		Afkorting stationsnaam
		<i>Iliii</i>	<i>N</i>	
Brouwershaven Gat 2	99501	51°46'	03°37'	BGo2
Brouwershaven Gat 8	99502	51°45'	03°49'	BGo8
Bommenede	99503	51°44'	03°58'	BOMM
Haringvliet 10	99504	51°52'	03°52'	HA10
Hoofdplaat	99505	51°23'	03°40'	HFPL
Marollegat	99506	51°29'	04°12'	MARG
Oosterschelde 4	99507	51°39'	03°42'	OSo4
Langbekken/ Philipsdam	99508	51°40'	04°09'	KRAM
Volkerak	99509	51°39'	04°19'	VOLK
Veersemeer	99510	51°31'	03°42'	VEER
Volkeraksluizen	99511	51°42'	04°24'	VOLS
Vlakte van Raan	99512	51°30'	03°15'	RAAN

* Wel metingen watertemperatuur, niet opgenomen in ZEET-bericht:
Antwerps Kanaalpand, Baalhoek, Bath, Mond Bathse Spuikanaaal, Vlissingen,
Vossemeer

Meetnet Noordzee*

Stations naam	Blok-/stations- nummer	Geografische positie		Afkorting stationsnaam
		<i>Iliii</i>	<i>N</i>	
Schiermonnikoog	99513	53°36'	06°10'	SCHI
IJmuiden	99514	52°28'	04°34'	YMUI
Eierlandse Gat	99516	53°17'	04°40'	EIER
Lichteiland Goeree	99517	51°56'	03°40'	GOER
Euro Platform	99518	52°00'	03°17'	EURO
Meetpost Noordwijk	99519	52°16'	04°18'	MEET

* Wel metingen watertemperatuur, niet opgenomen in ZEET-bericht: Auk-Alpha,
Den Helder, Hoek van Holland, IJ-geul munitiestortplaats, K13-Alpha, North Cor-
morant, Eemshaven, Kornwerderzand buiten, Anasuria

Verwijzing: Nationale Code, ZEET, document versie 5.0, januari 2000,
P.Y. de Vries (ref.6)

Opmerking:

Door meteorologische waarnemers op een groot aantal schepen wordt de zee-
watertemperatuur gemeten. In sectie 2 van de SHIP-code voor het synoptisch
weerrapport zoals die door de Nederlandse schepen wordt gehanteerd, is de
gecodeerde waarde voor de zeewatertemperatuur opgenomen : $os_s T_w T_w T_w$:

SECTIE 0- $M_i M_j M_k M_l$ of $D \dots D$
 $Y Y G G i_w 99 L_a L_a L_a Q_c L_o L_o L_o$
 $A_b n_b n_b n_b$

SECTIE 1- $i_{R_x} i_h V V N d d f f (o o f f f) 1 s_n T T T 2 s_n T_d T_d T_d 3 P_o P_o P_o$
 $4 P P P P 5 a p p p 7 w w W_1 W_2 8 N_h C_L C_M C_H$

SECTIE 2- $2 2 2 D_s v_s (o s_s T_w T_w T_w) (1 P_{wa} P_{wa} H_{wa} H_{wa}) (2 P_w P_w H_w H_w)$
 $((3 d_{w1} d_{w1} d_{w2} d_{w2}) (4 P_{w1} P_{w1} H_{w1} H_{w1}) (5 P_{w2} P_{w2} H_{w2} H_{w2}))$

$6 I_s E_s E_s R_s$ $c_s b_i D_i z_i$
 (of) $(7 o H_{wa} H_{wa} H_{wa}) (8 s_w T_b T_b T_b) (ICE + \text{ of })$
 ICING + klare taal klare taal

s_s : het teken van de waarde en type meting van de zeewatertemperatuur

Code-cijfer	Teken	Type meting
0	Positief of 0	Inlaat
1	Negatief	Inlaat
2	Positief of 0	Puts
3	Negatief	Puts
4	Positief of 0	Contact sensor aan de huid
5	Negatief	Contact sensor aan de huid
6	Positief of 0	Andere type meting
7	Negatief	Andere type meting

$T_w T_w T_w$: Zeewatertemperatuur in tienden van graden Celsius

Voorbeelden:

$T_w = -1,2 \text{ } ^\circ\text{C}$, meting met puts $\rightarrow o s_s T_w T_w T_w = 03012$

$T_w = +13,0 \text{ } ^\circ\text{C}$, meting met inlaat $\rightarrow o s_s T_w T_w T_w = 00130$

Voor toelichting en details, zie: Internationale Code, SHIP, document versie

5.0, januari 2000, P.Y. de Vries:

<http://info.knmi.nl/wm-ow/algdoc/codebeheer/handboek.htm> (ref. 5)

2. Operationele eisen

2.1 bereik

Het operationeel gebied (range) voor de waarnemingen zeewatertemperatuur is cf. WMO-norm: $-2 - +40^{\circ}\text{C}$.

{WMO,no.8, Guide to meteorological instruments and methods of observations, 6th edition, Part I, chapter 1, annex 1.B, Operational accuracy requirements and typical instrument performance, ref.4}

2.2 waarneemresolutie in verband met de berichtgeving

In de synoptische meteorologie is de vereiste resolutie in de waarnemingen van de zeewatertemperatuur : $0,1^{\circ}\text{C}$. Een en ander is conform WMO.

{WMO,no.8, Guide to meteorological instruments and methods of observations, 6th edition, Part I, chapter 1, annex 1.B, Operational accuracy requirements and typical instrument performance, ref.4}

2.3 operationeel vereiste nauwkeurigheid

De vereiste nauwkeurigheid (onzekerheid) in de gemeten zeewatertemperatuur is: $0,1^{\circ}\text{C}$. Deze eis is conform WMO.

De maximaal acceptabele operationele onzekerheid in de synoptische berichtgeving zeewatertemperatuur is: $0,2^{\circ}\text{C}$. Dit is conform WMO voorschriften.

{WMO,no.8, Guide to meteorological instruments and methods of observations, 6th edition, Part I, chapter 1, annex 1.B, Operational accuracy requirements and typical instrument performance, ref.4}

2.4 vereiste waarneemfrequentie

Het middelingstijdvak dat volgens internationale regels minimaal vereist voor het kunnen bepalen van een representatieve waarde zeewatertemperatuur is 1 minuut: "operational requirement with respect to the output averaging time" {WMO,no.8, Guide to meteorological instruments and methods of observations, 6th edition, Part I, chapter 1, annex 1.B, Operational accuracy requirements and typical instrument performance, ref.4}

Het tijdskenmerk van de parameters ligt in het midden van de waarnemingsperiode. Voor een 1'-gemiddelde loopt de waarnemingsperiode van 30 seconden voor de hele minuut tot dertig seconden erna.

In het geval van een 10'-gemiddelde loopt de waarnemingsperiode van 5 minuten voor de hele 10 minuten tot 5 minuten erna. De tijdskenmerken bestaan uit een vast 1-minuut- en 10-minuten-schema: HH:00, HH:01, HH:02 etc., en HH:00, HH:10, HH:20 etc. Sommige parameterwaarden ("steekwaarden") hebben het tijdskenmerk van de 10'-periode waartoe ze behoren. Dit geldt ook voor parameterwaarden die het 1-minuut-gemiddelde van de laatste minuut uit een 10'-periode representeren.

3. Instrumenten en techniek

3.1 techniek en specificaties

Voor de meting van de zeewatertemperatuur gebruikt RWS een Pt2000-weerstandsthermometer. Dit instrument bestaat uit een temperatuur afhankelijke platina weerstand van 2000 Ohm, welke in serie is geschakeld met een precisie weerstand van 2120 Ohm. De thermometer is aangesloten op een transmitter (Aanderaa-unit), die het uitgangssignaal via een kabel doorgeeft aan de betreffende SESAM-aanpassingsmodule op het waarneemstation. (SESAM: *SE*nsor- *S*ignal *A*anpassings*M*odule). Detailinformatie over de temperatuursensor in bijlagen 1 en 2.

De nauwkeurigheid en resolutie van de meting is in 0,1 °C. Het bereik is -10,0 tot +40,0 °C. Hiermee is (ruimschoots) voldaan aan de gestelde operationele eisen (zie par.2).

De meetwaarden worden op het waarneemstation direct automatisch gecontroleerd middels:

- Een grenswaarde check; hierbij wordt gecontroleerd of een meetwaarde binnen het gestelde temperatuurgebied valt (-10, 40 °C);
- Een zogeheten delta check; hierbij wordt gecontroleerd of het absolute verschil van de nieuwe meetwaarde ten opzichte van de voorafgaande meetwaarde binnen een gestelde toegestane maximumwaarde blijft.

De meetresultaten worden via directe radioverbindingen doorgegeven aan de verwerkingscentra. Daar worden de signalen verwerkt. Deze verwerking bestaat eerst uit een controle van het binnenkomende signaal. Eenvoudige korte verstoringen van het signaal (orde 1 seconde) worden gecorrigeerd. Bij langer aanhoudende fouten (>> 1 seconde) of bij langdurige onderbrekingen in het signaal wordt de datareeks c.q. een deel van de reeks afgekeurd. De data van de meetlocaties behorende tot het Meetnet Noordzee worden verwerkt bij RWS Directie Noordzee in Rijswijk. De data van de meetlocaties behorende tot het meetnet Zeeland (ZEGE) gaan naar het Verwerking Centrum Zeeland (VCZ) van de Directie Zeeland van Rijkswaterstaat te Middelburg.


Informatie over meetprocessen en verwerking meetresultaten in:

- projectrapport Rijkswaterstaat Meetnet Infrastructuur (RMI), ref.8;
- internetsite "Watermarkt" van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat:
<http://www.watermarkt.nl/index.cfm?page=meetprocessen.fysica.f4m>

3.2 onderhoud- en calibratieprocedures

De meetinstrumenten behoren tot het Landelijk Instrumenten Bestand LIB dat onder beheer staat van het RIKZ. Het goede functioneren van de meetinstrumenten, inclusief onderhoud en eventuele vervanging, geschiedt onder verantwoordelijkheid van het RIKZ conform eigen procedures.

Een meetinstrument voor zeewatertemperatuurmetingen wordt iedere 2 jaar vervangen door een recent geijkt instrument. De calibratie van de instrumenten is door RWS uitbesteed aan het KNMI. De instrumentele afdeling van het KNMI (INSA) is verantwoordelijk voor de procedures die vastgelegd zijn in het ISO-9001 kwaliteitssysteem Operationeel Handboek Instrumentele afdeling van INSA, in het bijzonder de procedurebeschrijvingen in par. 2.2.3, Beheersprocedure preventief onderhoud, en par. 2.2.5, Uitvoeren van IJkingen



{<http://info.knmi.nl/mi-insa/iso/isoinh.html>} (ref.2)

De (her-)ijking van de operationeel gebruikte c.q de te gebruiken instrumenten geschiedt in het IJklaboratorium van het KNMI. In de ijkprocedure worden de instrumenten op door ervaring bepaalde intervallen getoetst of aan de gestelde eisen is voldaan. Voor elk interval wordt een calibratie certificaat vastgesteld, waarbij de referentie meetwaarden volledig herleidbaar zijn naar de internationaal erkende standaard.

Detailinformatie over de calibratie en het onderhoud met betrekking tot de Pt2000 thermometer in bijlage 1.

4.Procedures

4.1 procedures bij uitval automatische waarnemingen

Na melding van problemen met data wordt Rijkswaterstaat RWS Directie Noordzee c.q. Zeeland geïnformeerd. Deze dienst draagt zorg voor herstel conform eigen procedures.

4.2 procedures voor achteraf validatie

In het Klimatologische Informatiesysteem KIS worden op dagbasis uit de ZEET-bulletins de uurwaarden van het afgelopen etmaal (01- 24 UTC) van de bovengenoemde stations van het Meetnet Noordzee c.q. het Meetnet Zege ingelezen en gearhiveerd. Code: TW.

Alle nieuw in KIS ingevoerde waarden TW worden onderworpen aan automatische controleprocedures die in het systeem ingeprogrammeerd zijn. Het gaat om de volgende procedures per station:

TW

Indien de uurwaarde TW buiten het per onder genoemde maand aangegeven interval valt, is de waarde TW verdacht:

januari:	[10,90]	juli	[130,190]
februari:	[0,80]	augustus:	[140,200]
maart:	[0,80]	september:	[130,190]
april:	[30,110]	oktober:	[100,170]
mei:	[60,140]	november:	[60,140]
juni:	[100,160]	december:	[30,110]

(in eenheid 0,1°C !!)

Indien $\text{abs}\{TWh - TWh-1\} \geq 4$ (d.i. dus in een uur tijd een temperatuurdaling of -stijging ≥ 0.4 °C) dan verdacht.

(ref.3)

De validatie met betrekking tot de nieuw ingevoerde waarden geschiedt op dagbasis (alleen op werkdagen) onder verantwoordelijkheid van de afdeling WM/OD/BWS. Verdachte c.q. ontbrekende waarden worden zo mogelijk vervangen.

De alternatieve waarde wordt gebaseerd op:

- lineaire interpolatie van aangrenzende (correcte) waarden in de tijdreeks;
- inschatting van de uurwaarde op grond van de tijdserie 10-minuten waarden.

Vervanging geschiedt handmatig. Deze vervanging wordt in het databestand aangegeven met een kwaliteitsindicator.

4.3 procedures voor inspectie

De inspectie valt onder de verantwoordelijkheid van Rijkswaterstaat RWS.

5. Herleiding andere parameters

Parameter TW_{10}

- Omschrijving: 10'-gemiddelde van de watertemperatuur;
- Berekening: $TW_{10} = p/n$
 - p: de som van de goede TW_m -waarden in de afgelopen 10 minuten;
 - n: het aantal goede TW_m -waarden in de afgelopen 10 minuten;
- Kwaliteitscontrole: aantallen-check en verspreidings-check.

Parameter TW_{10S}

- Omschrijving: 10'-steekwaarde; dit is de eerste goede TW-waarde in de waarnemingsperiode;
- Berekening: $TW_{10} = TW_m$;
- Kwaliteitscontrole: aantallen-check.

Toelichting:

- $TW_m = a * x + b$
 - a: schaalfactor
 - x: ontvangen meetwaarde
 - b: offset
- Aantallen check: het aantal goede meetwaarden in de betreffende waarnemingsperiode dient boven een gesteld minimum te zijn:
 $TW_{10} \rightarrow 54$, $TW_{10S} \rightarrow 1$;
- Verspreidingscheck: de tijdsafstand tussen goede meetwaarden dient aan een eis te voldoen: $TW_{10} \rightarrow$ maximaal 61 seconden.

(ref.8)

6. Opstellingseisen en omgevingscondities

De opstellingseisen en omgevingscondities zijn niet door het KNMI geformuleerd omdat de metingen niet onder eigen verantwoordelijkheid geschieden. Ook internationaal zijn er nauwelijks opstellingseisen en omgevingscondities ten aanzien van operationele zeewatertemperatuurmetingen beschreven. Ref. 4 geeft bescheiden informatie. Meer details staan in ref. 9.

Referenties

1. MFPS/Meetnet informatiebulletin, RIKZ/Directie Noordzee/Directie Zeeland/RIZA/Dir.Zuid-Holland/Dir.Noord-Brabant, nummer 1, 2000;
2. ISO-9001 kwaliteitssysteem Operationeel Handboek Instrumentele afdeling van INSA, ihb Calibratieprocedures van het KNMI-IJklaboratorium, A. van Londen, Insa/IO, KNMI, De Bilt, 1994;
3. Basisontwerp Vernieuwing Operationeel Klimatologisch Informatiesysteem VOKIS, KNMI-document, 1992;
4. WMO no.8, Guide to meteorological instruments and methods of observations, part II, hoofdstuk 4, Marine observations;
5. Internationale Code, SHIP, document versie 5.0, januari 2000, P.Y. de Vries:
<http://info.knmi.nl/wm-ow/algdoc/codebeheer/handboek.htm>
6. Nationale Code, ZEET, document versie 5.0, januari 2000, P.Y. de Vries:
<http://info.knmi.nl/wm-ow/algdoc/codebeheer/handboek.htm>
7. Het Internationale Stelsel van Eenheden (SI), Nederlands Meetinstituut NMI, 1994;
8. De Rijkswaterstaat standaard voor de inwinning, verwerking en uitgifte van hydrologische en meteorologische gegevens uit operationele meetnetten, projectrapport Rijkswaterstaat Meetnet Infrastructuur (RMI), versie 1.1, 3 oktober 1995;
9. WMO-No. 471, Guide to Marine Meteorological Services.

Bijlage.1

Beheersplan Pt2000 sensor in meetnet Noordzee

1 Samenvatting

Dit document geeft een beschrijving van beheersplan van de Pt2000 water-temperatuur sensor in het Meetnet Noordzee. Hoofdstuk 3 geeft de specificaties weer van de Pt2000 sensor zoals deze is opgenomen in het Meetnet. De Pt2000 is zo goed mogelijk afgestemd op de specificaties van de Pt2000 van Aanderaa.

Hoofdstuk 4 geeft een uitgebreide beschrijving van de kalibratie methode van de sensor en een beknopte beschrijving van welke procedure gevolgd moet worden. Het installeren van de Pt2000 in het meetnet wordt beschreven in hoofdstuk 5. Aandachtspuntjes voor de installatie worden toegelicht samen met een beknopte installatie procedure. Verder wordt er in hoofdstuk 6 en 7 het onderhoud van de Pt2000 en de vervangingstermijn behandeld. Als laatste is er een checklist toegevoegd, welke ingevuld moet worden tijdens het kalibreren en installeren.

2 Inleiding

De Pt2000 is per 1 juni 1999 opgenomen in het “nieuwe” Meetnet Noordzee. Het “nieuwe” meetnet Noordzee zal vanaf die datum operationeel zijn en opgebouwd zijn uit de zogenaamde RMI bouwstenen. Met de Pt2000 wordt in het meetnet Noordzee de watertemperatuur gemeten. De Pt2000 sensor bestaat uit een temperatuur afhankelijke platina weerstand van 2000 Ohm in serie geschakeld met een precisie weerstand van 2120 Ohm.

Deze platina weerstand is een maat voor de omgevingstemperatuur. De Pt2000 wordt op een transmitter (Aanderaa display unit) aangesloten, welke een digitaal signaal geeft aan een TW SESAM. Deze maakt hiervan een standaard TW bericht welke verder in het meetnet opgenomen wordt.

3 Specificaties

Specificaties van de Pt2000 sensor volgens Thermo elektra

Weerstandselement 1xPt2000 3 leider in combinatie met 2120 Ohm weerstand.

Model CA 2021-S-‘lengte in mm’-G58-G22-K8

Aansluitkop	:Schroefdeksel
Kop uitvoering	:BBK, IP65
Kop materiaal	:Nylon
Kabel ingang	:PG16
Extensie	:nippel met gat Ø 25 inw.
Extensie lengte	:40 mm
Extensie materiaal	:SS316
Meetinzet diameter	:6 mm
Meetinzet materiaal	:RVS 316
Lengte:	:(lokatie afhankelijk / zie tabel)
Isolatie:	:MgO
Nauwkeurigheid Pt2000	:IEC751 klasse B
Krimpkous	:Over de laatste 1 meter van voeler

Specificaties per lokatie

Lokatie	Hoogte sensor	Sensor lengte	Aantal sensoren
Goeree	-6,0m n.a.p.	13,4 m	2
Meetpost Noordwijk	-2,3m n.a.p.	14,0 m	2
Europlatform	-6,0m n.a.p.	15,1 m	2

4 Het kalibreren van de Pt2000 watertemperatuur sensor.

Dit hoofdstuk geeft een beschrijving van de het kalibreren van de Pt2000 sensor aan de hand van de volgende 4 stappen:

- 4.1 kalibratie meting
- 4.2 berekening van de coëfficiënten
- 4.3 invoeren van de coëfficiënten in het display unit
- 4.4 kalibratie procedure

4.1 Kalibratie metingen

De display unit kalibreert aan de hand van een vergelijking (3de graads polynoom). Deze is als volgt:

$$T = A + N \cdot B + N^2 \cdot C + N^3 \cdot D$$

Hierbij is T de gepresenteerde temperatuur op het display unit. A, B, C en D zijn de kalibratie coëfficiënten en N is de ruwe data gemeten door het display unit.

Voor het bepalen van de kalibratie coëfficiënten (per sensor) dienen er 4 ijkmetingen verricht te worden. Per meting moet de ruwe data N_x en de bijbehorende temperatuur T_x bepaald worden. De ruwe data (N) is een decimaal getal tussen de 0 en 1023 welke door het display unit bepaald wordt d.m.v. een binair getal van 10 bits, (voorbeeld: 111111111 (binair) = 1023 (decimaal)). De range van de ruwe data (N) is 0 t/m 1023. Het binaire getal is een maat voor de gemeten weerstand van het Pt2000 element in de sensor.

Bepaling van de ruwe data via het display unit

De ruwe data kan weergegeven worden op het display unit door de coëfficiënten A, C en D op nul te zetten en de coëfficiënt B op 1:

$$A=0, B=1, C=0 \text{ en } D=0 \text{ invullen in } T(\text{display unit}) = A + N \cdot B + N^2 \cdot C + N^3 \cdot D$$

De kalibratie vergelijking die het display unit hanteert is nu:

$$T(\text{display unit}) = 0 + 1 \cdot N + 0 \cdot N^2 + 0 \cdot N^3 \rightarrow$$

$$T(\text{display unit}) = N$$

De gepresenteerde temperatuur T op het display unit is gelijk aan de gemeten ruwe data N.

Bepaling van de bijbehorende temperatuur

Via een gekalibreerde temperatuur meting bij het KNMI kan de ruwe data (N) en de daarbij horende temperatuur (T) bepaald worden. Het is belangrijk te overwegen in welk temperatuur gebied de sensor gekalibreerd moet worden. De Pt2000 zal voornamelijk metingen verrichten in het temperatuur gebied van -5,0 °C tot ca.+25,0 °C (temperatuur uitersten van het zeewater in de Noordzee). Kalibratie over een klein meetbereik geeft een nauwkeuriger resultaat dan over een groot meetbereik. N wordt bepaald voor 4 temperaturen -5°C, +5°C, +15°C en +25°C.

4.2 De berekening van de kalibratie coëfficiënten A, B, C en D

Nu er per Pt2000 sensor 4 temperatuur metingen verricht zijn, met de daarbij bepaalde ruwe data N, kunnen aan de hand van de methode, x vergelijkingen met x onbekenden, de kalibratie coëfficiënten A,B,C en D per sensor bepaald worden. De volgende tabel geeft 4 metingen weer van de ruwe data (N) en de daarbij horende temperatuur T(in °C) voor drie sensoren.

Tabel: Voorbeeld van 4 ruwe data en temperatuur metingen per sensor

	Meting 1		Meting 2		Meting 3		Meting 4	
Activa nummer	N1	T1	N2	T2	N3	T3	N4	T4
14.070.108	76	-5	296	+5	508	+15	711	+25
14.070.109	74	-5	294	+5	504	+15	707	+25
14.070.163	76	-5	296	+5	507	+15	710	+25

Het bepalen van de kalibratie coëfficiënten wordt weergegeven aan de hand van het volgende voorbeeld.

Voorbeeld: bepaling kalibratie coëfficiënten voor "sensor 1"

Met behulp van de 4 meetpunten (N₁,T₁), (N₂,T₂), (N₃,T₃) en (N₄,T₄) kunnen 4 vergelijkingen opgesteld worden voor sensor 1:

$$\text{vergelijking 1: } T_1 = A + N_1 \cdot B + N_1^2 \cdot C + N_1^3 \cdot D$$

$$\text{vergelijking 2: } T_2 = A + N_2 \cdot B + N_2^2 \cdot C + N_2^3 \cdot D$$

$$\text{vergelijking 3: } T_3 = A + N_3 \cdot B + N_3^2 \cdot C + N_3^3 \cdot D$$

$$\text{vergelijking 4: } T_4 = A + N_4 \cdot B + N_4^2 \cdot C + N_4^3 \cdot D$$

Invullen van (N₁,T₁), (N₂,T₂), (N₃,T₃) en (N₄,T₄) in de vergelijkingen geeft het volgende:

$$\text{vergelijking 1: } -5 = A + 76 \cdot B + (76)^2 \cdot C + (76)^3 \cdot D$$

$$\text{vergelijking 2: } 5 = A + 296 \cdot B + (296)^2 \cdot C + (296)^3 \cdot D$$

$$\text{vergelijking 3: } 10 = A + 508 \cdot B + (508)^2 \cdot C + (508)^3 \cdot D$$

$$\text{vergelijking 4: } 25 = A + 711 \cdot B + (711)^2 \cdot C + (711)^3 \cdot D$$

Omdat het aantal vergelijkingen (4) gelijk is aan het aantal onbekenden (4; namelijk A,B,C en D) kunnen A,B,C en D wiskundig bepaald worden. Tabel x geeft de kalibratie coëfficiënten weer van de sensoren 1, 2 en 3.

De coëfficiënt A (offset) ligt meestal rond de -8,00 E+00 [°C], deze waarde is

de minimale temperatuur die gemeten kan worden. B ligt in de orde grootte van $4,40 \text{ E-}02$. Dit is de steilheid en is vergelijkbaar met de temperatuur afhankelijkheid van het Pt2000 element [$^{\circ}\text{C}/\Omega$]. Met behulp van coëfficiënt C wordt het parabolisch (2de graads) verloop van de Pt2000 gecorrigeerd. Deze ligt zo tussen de $2\text{E-}06$ tot $7\text{E-}06$. De coëfficiënt D ligt in de orde grootte van $1\text{E-}09$ tot $1\text{E-}11$ en duidt aan dat een 3de graads correctie meestal niet noodzakelijk is.

Acti a nummer	Coëff. A	Coëff. B	Coëff. C	Coëff. v
14.070.108	-8,384E+00	4,433E-02	2,490E-06	1,683E-09
14.070.109	-8,236E+00	4,326E-02	6,491E-06	-1,671E-09
14.070.163	-8,354E+00	4,379E-02	4,480E-06	2,047E-11

Kalibratie coëfficiënten van de sensoren

4.3 Het invoeren van de kalibratie coëfficiënten in het Display Unit

Het invoeren van de kalibratie coëfficiënten in het display unit gaat m.b.v. het programming pad 3262. Zet de draaiknop op het display unit in de COEFF A & B of COEFF C & D. Door te switchen tussen beide draaiknop posities op het display unit, kunnen de coëfficiënten van de 5 sensoren zichtbaar gemaakt worden. Met de toets "pos" op het programming pad kan de positie van de cursor verplaatst worden en met "char" en "shift" kan het karakter gewijzigd worden.


4.4 Kalibratie procedure

1. Controleer of de Pt2000 sensor een activa nummer heeft. Zo niet, voorzie dan de sensor met een activa nummer.
2. Zet de coëfficiënten A, B, C en D in het display unit op 0, 1, 0 en 0.
3. Noteer de gepresenteerde ruwe waarde op het display unit bij vier verschillende temperaturen -5°C , $+5^{\circ}\text{C}$, $+15^{\circ}\text{C}$ en $+25^{\circ}\text{C}$.
4. Voer de ruwe waarden N_1 t/m N_4 in de Excel file (coef ABCD berekening. xls) of in een rekenmachine die 4 vergelijkingen met vier onbekenden kan oplossen (Texas Instruments TI-68). De coëfficiënten kunnen ook handmatig bepaald worden.
5. Voer de coëfficiënten in het display unit en controleer aan de hand van 4 referentie metingen bij de temperaturen -5°C , $+5^{\circ}\text{C}$, $+15^{\circ}\text{C}$ en $+25^{\circ}\text{C}$ of de gemeten temperatuur met de Pt2000 overeenkomt met de ijkmeting bij het KNMI (maximale fout van $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$).
6. Noteer in de checklist het activa nummer met de 4 ruwe meetwaarden en de berekende coëfficiënten.
7. Vraag om ijkrapport van het KNMI.
8. Verbind de coëfficiënten op een onlosmakelijke manier aan de sensor zelf.

5 Installeren van de Pt2000 in het Meetnet

5.1 Algemeen

De kop van de Pt2000 bestaat uit een schroefdeksel, welk op de kop van de



Pt2000 geschroefd kan worden. In de kop bevinden zich 4 schroef connectoren waarvan er drie gebruikt zullen worden. De lijn vanaf het Pt2000 element tot aan het Aanderaa display unit deel maakt uit van een analoge meting. Hierbij moet de verbinding tussen sensor en display unit zo goed mogelijk zijn. Dit houdt onder andere in:

1. streven naar een zo laag mogelijke overgangsweerstand bij een draadverbinding. Let op overgangsweerstand in de kop van de Pt2000.
2. zeewater geleidt elektriciteit en kan hierdoor een desastreuze werking hebben op de meting. De kop van de Pt2000 moet hiervoor beschermd worden. De kop van de sensor wordt met 3M Gella 4441gevuld om te voorkomen dat de draden in de kop van de sensor in contact komen met vocht en zout. De schroefdeksel op de kop van de sensor kan ook nog eens extra afgesloten worden met vulcaniserende tape.
3. Het gebruik van connectoren met een lage overgangsweerstand om verlies van het analoge signaal te minimaliseren.
4. De kabellengte tussen de Pt2000 sensor (Let op!!! inclusief sensorlengte) naar het display unit moet zo kort mogelijk zijn. De weerstand in (lange) kabels beïnvloeden de meting (niet langer dan 75 meter anders moet er een correctie toegepast worden).

De draadverbinding tussen Pt2000 en het Aanderaa display unit waarover een analoge signaal loopt mag absoluut niet vergeleken worden met die van een digitaal signaal (bijv. RS232). Verliezen in het analoge signaal als gevolg van een slechte verbinding zal resulteren in een meetfout. Deze dient geminimaliseerd te worden.

Drie draden worden met kabelschoentjes op de schroef connectoren in de kop van de Pt2000 bevestigd. Na het monteren van de draden op de kop van de Pt2000 zal de kop afgeschermd moeten worden van weer en wind. Hiervoor wordt 3M Gella 4441gebruikt. Dit is een twee componenten kunsthar die zacht blijft en vocht en zout buiten houdt.

5.2 Installatie procedure

1. Controleer of de sensor is voorzien van een (het juiste) activa nummer.
2. Voer de specifieke kalibratie coëfficiënten (deze horen onlosmakelijk aan de sensor te zitten) van de sensor in het display unit op kanaal 2 en controleer dat er geen 9V batterij in het display unit zit.
3. Monteer het display unit in het 19" lade. Zet de lade en display unit aan.
4. Wijzig de kalibratie coëfficiënten op het 19" lade.
5. Maak de kop van de sensor goed droog (eventueel met een föhn).
6. Plaats de sensor in de daarvoor bestemde stalen pijp op het platform.
7. Bevestig de kabelschoentjes aan de kabel (3 stuks).
8. Bevestig de kabel met kabelschoentjes aan de schroef connectoren in de kop van de sensor en zorg dat er een goede afgeschermd verbinding is tussen sensor en display unit.
9. Maak een verbinding met aarde en de sensor.
10. Controleer of beide display units dezelfde waarde aangeven. Is dit niet het geval ga dan terug naar 1. (controleer eventueel ook de andere sensor op punt 1 t/m12)
11. Boor in de schroefdeksel van de oude sensor een gat van ca. 14mm.
12. Plaats op de kop van de nieuwe sensor het schroefdeksel met gat.
13. Maak 3M Gella kunsthar gereed volgens gebruiksaanwijzingen op de verpakking (warm maken) en giet dit door het schroefdeksel met gat.

14. Laat de kunsthars uitharden (het blijft relatief zacht) en verwijder na ca. 40 min. de schroefdeksel.
15. Plaats nu de schroefdeksel zonder gat op de kop van de sensor.
16. Plak de draadgang van de Pt2000 kop dicht met vulcaniserende tape.
17. Vul de checklist per sensor in.

6 Onderhoud plegen aan de Pt2000

6.1 Onderhouds procedure

1. Controleer beide display units op gemeten watertemperatuur. Een afwijking groter dan 0,1 graad Celsius moet gemeld worden als een storing.
2. Controleer de kop van de sensor op het loslaten van het ge vulcaniseerde tape / schroefdeksel.
3. Controleer klemmenstroken / connectoren.

7 Vervangingstermijn

De Pt2000 zal in tweevoud ingezet worden op de lokaties Meetpost Noordwijk, Europlatform en Licht Eiland Goeree. Omdat de Pt2000 een nieuw instrument is in het meetnet Noordzee zal deze om wat extra aandacht vragen.

Streven

Binnen MTZV wordt gestreefd naar een maximum vervangingstermijn van 2 jaar. De vervangingstermijn voor de Pt2000 is vanwege gebrek aan ervaring nog niet bekend.

Controle na 1 jaar

Na 1 operationeel jaar (augustus 2000) zal er voor EPL, LEG, MPN een Pt2000 sensor vervangen worden. De sensor afkomstig van het platform zal opnieuw geijkt worden bij het KNMI. Opnieuw zal voor de Pt2000 de coëfficiënten bepaald worden. Door eventueel verloop van de Pt2000 kunnen deze verschillen met de coëfficiënten die eerst bepaald zijn.

Nu zijn er twee functies

$$\begin{aligned} 1 \quad T_1 &= A_1 + N \cdot B_1 + N^2 \cdot C_1 + N^3 \cdot D_1 \\ 2 \quad T_2 &= A_2 + N \cdot B_2 + N^2 \cdot C_2 + N^3 \cdot D_2 \end{aligned}$$

Hierbij zijn A_1 , B_1 , C_1 en D_1 de coëfficiënten die als eerst te bepaald zijn en A_2 , B_2 , C_2 en D_2 na herkalibratie. Het verschil tussen beide functies is het volgende:

$$(T_1 - T_2) = (A_1 - A_2) + N \cdot (B_1 - B_2) + N^2 \cdot (C_1 - C_2) + N^3 \cdot (D_1 - D_2)$$

Indien voor de variabele N een waarde ingevuld wordt tussen 0 en 1023, mag het verloop ($T_1 - T_2$) niet groter zijn dan 0,1 graad Celcius. Is dit wel het geval dan is het verloop van het instrument over het vervangings termijn (van 1 jaar!!!) te groot.



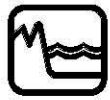
Aan de hand van het Excel programma (Pt2000 Herkalibratie.xls) kunnen de coëfficiënten voor en na herkalibratie ingevoerd worden, hetgeen een indruk geeft over het verloop van de sensor.

Indien het verloop van Pt2000 over zijn operationele tijd groter is dan de gestelde eis van een meetnauwkeurigheid van 0,1 graad Celcius. Zal de Pt2000 dan vaker gekalibreerd moeten worden of regelmatigervangen worden.

Blijkt uit de eerste herkalibratie (na het eerste jaar) dat het verloop van de sensor minimaal is, dus kleiner dan 0,1 graad Celcius, dan zal de minimale vervangingstermijn 1 jaar zijn. Deze kan nog verlengd worden naar 2 jaar als blijkt dat de Pt2000 na 2 jaar nog steeds aan de specificaties voldoet.

Bijlage 2.

Temperatuur sensor



AANDERAA INSTRUMENTS
DATA COLLECTING INSTRUMENTS FOR LAND SEA AND AIR



TEMPERATURE SENSOR 3444

A platinum sensor for water and soil temperature measurements

The Temperature Sensor 3444 is designed for water and soil temperature measurements but it is also well suited for measuring temperature in most liquids because of the physical properties of the stainless steel it is made of. It can be installed in tanks or molded into concrete structures for monitoring purposes.

The sensor is intended for use with Aanderaa sensor scanning and reading units.

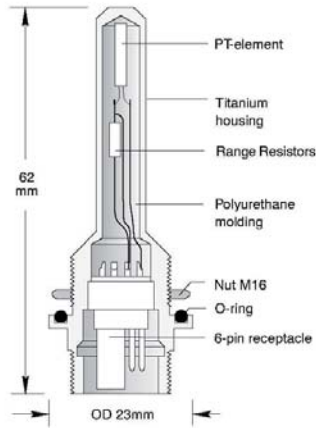
The sensor consists of a titanium probe with the platinum element and range resistors inside. It is 62mm long with a 6-pin watertight receptacle in one end. The sensor has a flange with an O-ring and nut for chassis mounting and watertight installation in tanks. The mating plug has part number 2828A.

The sensor is based on the ohmic half-bridge principle (VR-22) and employs a 2000 film-type platinum resistor as the sensing element. Standard temperature ranges are -7.5 to $+41^{\circ}\text{C}$, -30 to $+60^{\circ}\text{C}$ and -60 to $+30^{\circ}\text{C}$. Other ranges are available on request.

Standard sensor cables in different lengths of up to 500 meters are available. For cables longer than 75 meters however, the wire resistance will influence the measurements and must be corrected for (see overleaf).

Cables exceeding 10 meters in length should be shielded or kept as close to the ground as possible to avoid pick-up of atmospheric electricity.

SPECIFICATIONS FOR TEMPERATURE SENSOR 3444



Measuring Ranges:

Part No. 3444:	-7.5 to +41°C
" 3444A:	-30 to +60°C
" 3444B:	-60 to +30°C
" 3444S: to°C

Sensing Element:

Pt 2000

Range Resistor:

Part No. 3444:	R ₁ :	R ₂ :
" 3444A:	2120Ω	Pt2000 + 0Ω
" 3444B:	4020Ω	Pt2000 + 1920Ω
" 3444S:	3985Ω	Pt2000 + 2120Ω
Ω	Pt2000 +

Resolution:

0.1% of range

Accuracy:

±0.1% of range

Sensor Output:

Aanderaa half-bridge (VR-22)

Time Constant (63%):

In water: 12 seconds

Electrical Connection:

Watertight Plug 2828A

Material and Finish:

Titanium and polyurethane

Degree of Protection:

IP68

Net Weight:

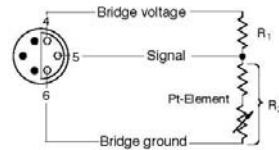
25 grams

Warranty:

Two years against faulty materials and workmanship

Circuit Diagram

Receptacle, exterior view; pin = ●; bushing = ○



Connecting Cable 2842 (a 10 meter cable with Watertight Plugs), is available for connecting this sensor to Aanderaa data-logging systems. Other lengths, or separate plugs and cables, are available on request. If connecting cables longer than 75 meters for the 3444 or 150m for the 3444A or B are used, the reading N should be corrected for cable resistance. Add a correction factor for each 10 meters of Cable 2842 as follows: (N-512)x0.00023 for the 3444 sensor and (N-512)x 0.00011 for the 3444A and 3444B sensors.

Representative's Stamp



Latest version is on the Internet

PO BOX 160, NESTTUN
5852 BERGEN, NORWAY

FANAVEIEN 13B
5221 NESTTUN, NORWAY

TEL. +47 55 109900
FAX. +47 55 109910

E-MAIL: info@aanderaa.no
WEB: http://www.aanderaa.com

DATA SHEET D 277, SEPTEMBER 2001

2

Inhoud

Hoofdstuk 19. Zeegolven

- 1. Beschrijving 19-1
 - 1.1 inleiding grootheid zeegolven 19-1
 - 1.2 definitie; omschrijving van de begrippen 19-1
 - 1.3 eenheden 19-3
 - 1.4 elementcodes 19-4
 - 1.5 dataopslag 19-5
 - 2. Operationele eisen 19-7
 - 2.1 bereik 19-7
 - 2.2 waarneemresolutie in verband met berichtgeving 19-7
 - 2.3 vereiste nauwkeurigheid 19-7
 - 2.4 vereiste waarneemfrequentie en -tijdstippen 19-7
 - 2.5 vereiste dataaanwezigheid per specifieke periode 19-8
 - 3. Instrumenten en techniek 19-9
 - 3.1 techniek en specificaties 19-9
 - 3.2 onderhoud- en calibratieprocedures 19-10
 - 4. Procedures 19-11
 - 4.1 procedures bij uitval automatische waarnemingen 19-11
 - 4.2 procedures voor achteraf validatie 19-11
 - 4.3 procedures voor inspectie 19-12
 - 5. Herleiding golfparameters uit golfmetingen 19-13
 - 5.1 herleiding golfparameters in tijdsdomein en frequentiedomein 19-13
 - 5.2 beschrijving presentatie golfspectra op KNMI-intranet 19-14
 - 6. Opstellingseisen en omgevingscondities 19-17
- Referenties 19-19
- Bijlage 19-21
Golfmeetstations op de Noordzeer.



Zeegolven

1. Beschrijving

1.1 inleiding grootheid zeegolven

Dit hoofdstuk beschrijft de grootheid "Zeegolven". Bedoeld wordt de beweging van het zeewateroppervlak, direct en/of indirect ten gevolge van de wind. Andere oorzaken, zoals aardbevingen en schepen, worden buiten beschouwing gelaten. De internationale aanduiding is "Ocean Waves".

Het KNMI heeft zich van oudsher bezig gehouden met het verzamelen van meteorologische en oceanografische waarnemingen op zee (vanaf schepen, boorplatforms, enz.), zoals stroom en golven. Wat de golven betreft werd aanvankelijk alleen de toestand van de zee (sea state) aangegeven, vergelijkbaar met de Beaufort-schaal voor de wind. Sinds de Tweede Wereldoorlog worden golven meer gedetailleerd waargenomen, met golfhoogte (verticaal verschil tussen golf-top en golf-dal), de golfperiode (de tijd tussen twee opeenvolgende golf-toppen) en de richting van voortplanting, aanvankelijk meestal op het oog geschat bij gebrek aan meetapparatuur. Ten behoeve van een beschrijving van dit soort waarnemingen is destijds de KNMI-uitgave "Zeegolven" door Groen en Dorrestein verschenen (ref.8). Van meer recente datum is de "Guide to Wave Analysis and Forecasting", WMO no. 702 (second edition), 1998 (ref.9).

De nauwkeurigheid van visuele waarnemingen is echter beperkt. Daarom werden in de jaren vijftig en zestig golfmeetinstrumenten ontwikkeld, die gemonteerd werden op schepen en platformen. In het kader van het scheepsbouwkundig onderzoek vond de ontwikkeling van golfmeetboeien plaats die een belangrijke doorbraak in het verband van golfmetingen op zee betekende. In Nederland werd dit type instrument vervolmaakt tot de nog steeds op grote schaal in gebruik zijnde Waverider en Wavec, boeien die door middel van een versnellingsmeter en een zendertje doorlopende golfmetingen produceren die vervolgens aan land worden geregistreerd en bewerkt.

Golfgegevens spelen een belangrijke rol bij:

- (1) het opstellen van (golf-)verwachtingen met behulp van actuele data;
- (2) het bepalen van het golfklimaat op basis van lange reeksen gegevens uit het verleden.

In dit hoofdstuk van het Handboek Waarnemingen wordt ingegaan op de metingen van zeegolven, zoals deze thans worden verricht op vaste stations in de Noordzee.

1.2 definitie; omschrijving van de begrippen

1.2.1 Definitie soorten zeegolven

- Golven

Beweging van het wateroppervlak, direct en/of indirect ten gevolge van de wind. Andere oorzaken, zoals aardbevingen en schepen, worden buiten beschouwing gelaten.

- Windgolven of zeevang (engels: wind waves)

Een systeem van golven, waargenomen op een bepaald punt van het zeeoppervlak dat gelegen is binnen het windveld dat de betreffende golven produceert.

- *Deining (engels: swell)*

Een systeem van golven, waargenomen op een bepaald punt van het zeeoppervlak dat op afstand ligt van het windveld dat de betreffende golven produceert, of dat waargenomen wordt op een moment dat het windveld, dat de golven heeft gegenereerd, niet meer bestaat.

In de berichtgeving kan onderscheid worden gemaakt tussen eerste en tweede deining (principal, resp. secondary swell).

1.2.2 Beschrijving golfveld in tijdsdomein

- *Hoogte van golven*

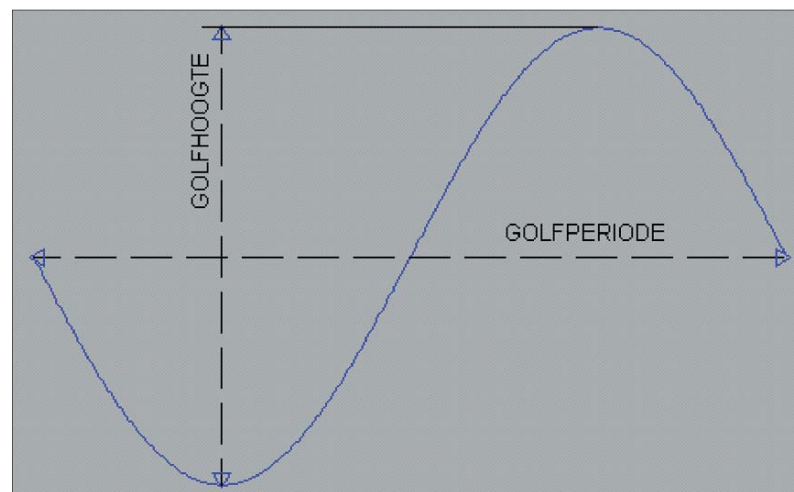
De verticale afstand tussen de golftop en het golfdal (fig.1). De amplitude is de halve golfhoogte.

- *Significante golfhoogte*

In weerberichten, weersverwachtingen en golfkaarten wordt voor de golfhoogte de zgn. significante golfhoogte vermeld. Onder de significante golfhoogte wordt in het geval van golfmetingen verstaan de gemiddelde hoogte van het hoogste éénderde deel van de verzameling golfhoogtes in een tijdvak van 20 minuten {golfhoogte $H_{1/3}$ }. Deze hoogte komt overeen met de golfhoogte zoals deze geschat wordt door een menselijke waarnemer.

- *Golfperiode*

De golfperiode is de tijd tussen de passages van 2 achtereenvolgende nuldoorgangen (neer gaand) op een bepaald gefixeerd punt op het zeeoppervlak (zie fig.1). In de weerberichtgeving wordt in principe als waarde voor de golfperiode vermeld het gemiddelde van de golfperiodes die behoren bij het hoogste derde deel van de verzameling golfhoogtes in een tijdvak van 20 minuten: golfperiode $TH_{1/3}$. In afwijking hiervan wordt in de weerberichtgeving van de meetstations van het Meetnet Noordzee als golfperiode berekend het langste derde deel van de verzameling golfperiodes in een tijdvak van 20 minuten: golfperiode $T_{1/3}$.



Figuur 1.
Golflengte en -periode

Figuur 1. (Uit site Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Golfklimaat: <http://www.golfklimaat.nl> -> uitleg -> golfparameters -> golfparameters (uitgebreide uitleg))

- *Golfrichting*

De richting van waaruit de (deining)golven komen, geregistreerd op een bepaald punt op het zeeoppervlak. De in codeberichten gehanteerde schaal is $01 - 36$ (x 10 booggraden), welke de hoek tov het ware noorden representeert (vgl. schaling van de windrichting tov het ware noorden)

1.2.3 *Beschrijving golfveld in frequentiedomein*

De termen significante golfhoogte en golfperiode hebben betrekking op het zogenoemde tijdsdomein. Deze zijn gebaseerd op metingen in de tijd. De volgende termen, golffrequentie, golfenergie(-dichtheid) en piekfrequentie, hebben betrekking op het frequentiedomein en beschrijven het golfspectrum. Het spectrum wordt verkregen door middel van fourier transformatie van een gedigitaliseerde tijdreeks van gewoonlijk 20 minuten.

- *Golffrequentie*

Frequentie is het omgekeerde van (golf)periode, dus bij een tijddomein golven tussen 2 en 30 seconden ligt het frequentiedomein golven tussen 0,033 en 0,5 Hz (Hertz). In het frequentiedomein is het ook gebruikelijk om niet de hoogte van de sinusgolf te gebruiken, maar de amplitude (halve golfhoogte).

- *Golfenergie en golfenergie-dichtheid*

De golfenergie is (evenredig met) de amplitude in het kwadraat. De verzameling energiewaarden per frequentie is het (golf-) energiedichtheid-spectrum, ofwel energiespectrum ofwel golfspectrum ofwel kortweg alleen maar spectrum. Zie figuur 3 in paragraaf 5. Er wordt bijna altijd gesproken over energie of energiedichtheid. Formeel is dit niet juist. Wat we energie noemen is feitelijk de variantie van het golfhoogtesignaal omdat de factor $\rho \cdot g$ meestal wordt weggelaten (dichtheid maal zwaartekrachtversnelling). Het golfspectrum geeft de variantiedichtheid van het signaal als functie van de frequentie.

- *Piekfrequentie*

De piekfrequentie is de frequentie die behoort bij de waarde met de hoogste energiedichtheid in het spectrum.

Op het KNMI intranet, site <http://info.knmi.nl/~stam/gps/>, worden de actuele golfspectra van een aantal golfmeetstations op de Noordzee visueel gepresenteerd (zie overzicht stations in de bijlage bij dit hoofdstuk). De presentatie betreft de spectra per station tot 12 uur terug met stappen van 1 uur (tevens per station en tijdstip gevisualiseerd per golfrichting, responsie 10 booggraden). Voorts is op de site informatie opgenomen over de spectrale output van het golfmodel NEDWAM (actual forecasts en previous forecasts). De gevisualiseerde output geeft dus informatie met betrekking tot het actuele golfveld, de situatie tot 12 uur geleden en de verwachte situatie. Tevens kunnen de oude modelwaarden vergeleken worden met de waarnemingen. Deze gevisualiseerde presentatie van de golfvelden is van grote betekenis voor de operationele meteoroloog. In paragraaf 5 in dit hoofdstuk wordt dieper ingegaan op de achtergronden van de intranet presentatie.

1.3 *eenheden*

De gebruikte eenheden zijn conform het internationale stelsel van eenheden (SI) (ref.6).

- Hoogte van golven: m
- Periode van golven: s
- Richting van golven: booggraden
- Spectrale energie of golfenergie: m^2
- Frequentie: Hz (1/ s)
- Energiedichtheid: m^2/ Hz

1.4 elementcodes

SYNOP/ SHIP

De SYNOP-codering is van toepassing voor weerberichten van vaste landstations, doch wordt uit praktische overwegingen ook gebruikt bij de vaste meetstations op de Noordzee waar sprake is van automatische waarnemingen.

De SHIP-codering is van toepassing voor weerberichtgeving door middel van menselijke waarnemingen op schepen c.q. door middel van menselijke waarnemingen op zeeplatforms.

Zowel het SYNOP-rapport als het SHIP-rapport bevat een sectie 2 met plaats voor gecodeerde zeegolfgegevens. De codering met betrekking tot de uurwaarden van zeegolven in het synoptisch weerbericht SYNOP, sectie 2, is conform de beschrijving van FM 12-X SYNOP in het KNMI-handboek meteorologische codes (ref.13). De codering met betrekking tot de uurwaarden van zeegolven in het synoptisch weerbericht SHIP, sectie 2, is conform de beschrijving van FM 13-X SHIP in het KNMI-handboek meteorologische codes (ref.2). Gedetailleerde en specifieke toelichting is te vinden in ref.3 en ref.10. In de secties 2 van zowel de SYNOP als de SHIP zijn de onderstaande groepen voor golven opgenomen.

1P_{wa}P_{wa}H_{wa}H_{wa}: gegevens van golven, verkregen door meting met instrumenten

P_{wa}P_{wa}: Periode van golven in seconden, verkregen door middel van meting met instrumenten;

H_{wa}H_{wa}: Hoogte van golven in eenheden van 0,5 m, verkregen door middel van meting met instrumenten;

2P_wP_wH_wH_w: gegevens van golven, geschatte waarden (meting met instrumenten niet beschikbaar)

P_wP_w: Periode van golven in seconden, geschatte waarden;

H_wH_w: Hoogte van golven in eenheden van 0,5 m, geschatte waarden;

3d_{w1}d_{w1}d_{w2}d_{w2}: richtingen van waaruit deininggolven komen

d_{w1}d_{w1}: ware richting, in tientallen van graden, van waaruit deininggolven komen (eerste deining);

d_{w2}d_w: ware richting, in tientallen van graden, van waaruit deininggolven komen (tweede deining);

Tabel richting golven deining: (d_{w1}d_{w1}) c.q. (d_{w2}d_{w2})

00	geen golven
01	5° - 14°
02	15° - 24°
..	
..	
35	345° - 354°
36	355° - 004°
99	Golven verward, richting niet te onderscheiden
d _{w2} d _{w2} - > //	Geen tweede deining aanwezig

4 $P_{w1} P_{w1} H_{w1} H_{w1}$: periode en hoogte van de eerste deining

$P_{w1} P_{w1}$: periode van deininggolven, in seconden (eerste deining);

$H_{w1} H_{w1}$: hoogte van deininggolven, in eenheden van 0,5 m (eerste deining);

5 $P_{w2} P_{w2} H_{w2} H_{w2}$: periode en hoogte van de tweede deining

$P_{w2} P_{w2}$: periode van deininggolven, in seconden (tweede deining);

$H_{w2} H_{w2}$: hoogte van deininggolven, in eenheden van 0,5 m (tweede deining);

7 $H_{wa} H_{wa} H_{wa}$: hoogte van golven, verkregen door meting met instrumenten

$H_{wa} H_{wa} H_{wa}$: hoogte van golven in eenheden van 0,1 m, verkregen door meting met instrumenten;

In het kader van dit hoofdstuk van het handboek worden uitsluitend de automatische waarnemingen van de Noordzeestations beschreven. Hierbij is derhalve de SYNOP-codering van toepassing (zie boven). Bedoelde stations genereren ten behoeve van de SYNOP alleen de golfhoogtewaarden ($H_{1/3}$) en golfperiodewaarden ($T_{1/3}$). Deze waarnemstations beschrijven de toestand van de zee op één specifiek punt, waarbij een golfgegeven de zeegang plus de deining impliceert. De golfgegevens worden gecodeerd weergegeven in groep 1 van sectie 2 van de SYNOP: $1P_{wa} P_{wa} H_{wa} H_{wa}$.

KIS

Het Klimatologisch Informatie Systeem KIS hanteert de volgende codering met betrekking tot uurdata golven en deining:

- HW: hoogte golven (idem als $H_w H_w$ c.q. $H_{wa} H_{wa}$)
- PW: periode golven (idem als $P_w P_w$ c.q. $P_{wa} P_{wa}$)
- DHW_{1,2} : hoogte deininggolven ($H_{w1} H_{w1}$, $H_{w2} H_{w2}$)
- DPW_{1,2} : periode deininggolven ($P_{w1} P_{w1}$, $P_{w2} P_{w2}$)
- DDW_{1,2} : richting deininggolven ($d_{w1} d_{w1}$, $d_{w2} d_{w2}$)

1.5 dataopslag

In KIS worden thans alleen de uurlijkse metingen HW (in eenheid 0,5 meter) en PW (in eenheid seconden) van 6 meetstations op de Noordzee opgeslagen. Zie tabel 1 in de bijlage.

Naast het operationele opslagsysteem KIS bestaat er een onderzoekarchief-systeem met gegevens golfspectra inclusief richtingen. Dit systeem wordt beheerd door WM/RW.

<http://www.knmi.nl/~bouws/nl/golfarch.htm>

Het bevat ook golfdata van andere stations op de Noordzee (zie tabel 1 in de bijlage).

Voorts is er nog een aantal meetplatforms op de Noordzee dat maritieme (SHIP-) waarnemingen doet, waaronder van golven. Omdat bij deze stations (die niet behoren tot het meetnet Noordzee of het meetnet ZEGE) geen sprake is van structurele uurlijkse metingen vindt geen opslag in KIS plaats. In de toekomst zal de data van bedoelde stations wel worden opgenomen in het nog te ontwikkelen maritieme Klimatologische data Informatie Systeem MarKIS).

Literatuur:

- ref. 1: WMO,no.8, Guide to meteorological instruments and methods of observations, 6th edition, Part 2, Chapter 4, Marine observations, par. 4.2.12.1;
- ref.3: Handleiding voor het gebruik van Sectie 2 van de FM 13_X SHIP Code voor waarnemingen op zee, KNMI/Klu/KM, De Bilt, 1996;
- ref. 10: Handleiding voor het gebruik van Sectie 2 van de FM 13_X SHIP Code door stations op zee, KNMI/Klu/KM, De Bilt, 1994;
- <http://www.golfklimaat.nl> -> uitleg.

2. Operationele eisen

2.1 bereik

Het operationeel vereiste gebied (range) voor instrumentele waarnemingen golven c.q. deininggolven is:

- Hoogte van golven c.q. deininggolven: 0 - 30 m (cf.WMO)
- Periode van golven c.q. deininggolven: 0 - 30 s (WMO: 0 - 100 s)
- Richting van deininggolven: 0 - 360 ° (booggraden)

{ref. 1.: WMO,no.8, Guide to meteorological instruments and methods of observations, 6th edition, Part 1, Chapter 1, General, Annex 1.B}

2.2 waarneemresolutie in verband met berichtgeving

De synoptische meteorologie vereist de volgende instrumentele meetresolutie in de waarnemingen golven c.q. deininggolven:

- Hoogte van golven c.q. deininggolven: 0,1 m (codering:0,5 m)
- Periode van golven c.q. deininggolven: 1 s
- Richting van deininggolven: 10 ° (booggraden)

De gemeten waarden worden in de registratie/ berichtgeving afgerond naar de bovenaangegeven resolutieeenheid.

{ref. 1.: WMO,no.8, Guide to meteorological instruments and methods of observations, 6th edition, Part 1, Chapter 1, General, Annex 1.B}

2.3 vereiste nauwkeurigheid

Internationale regelgeving betreffende het woordgebruik en begrippen als nauwkeurigheid en onzekerheid zijn vastgelegd in de "International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology" (uitg. ISO; zie ref.7).

a) De maximaal toelaatbare onzekerheid van de meetwaarde c.q. ingeschatte waarde bij operationeel gebruik:

- Hoogte van golven c.q. deininggolven: $\Delta = 10 \%$
- Periode van golven c.q. deininggolven: $\Delta = 0,5 \text{ s}$
- Richting van deininggolven: $\Delta = 10$ (booggraden)

b) De vereiste nauwkeurigheid van de waarde in de synoptische berichtgeving:

- Hoogte van golven c.q. deininggolven: $\pm 0,25 \text{ m}$ igv waarde $\leq 5 \text{ m}$
 $\pm 5 \%$ igv waarde $> 5 \text{ m}$
- Periode van golven c.q. deininggolven: $\pm 0,5 \text{ s}$
- Richting van deininggolven: $\pm 5^\circ$ (booggraden)

{ref. 1.: WMO,no.8, Guide to meteorological instruments and methods of observations, 6th edition, Part 1, Chapter 1, General, Annex 1.B}

2.4 vereiste waarneemfrequentie en -tijdstippen

Sampling en verwerking data

Ten behoeve van de bepaling van de relevante golfparameters, zoals golfre-



quentie, golfenergie, golfrichting, golfperiode en significante golfhoogte e.a. vindt tenminste iedere 0,5 seconde een instrumentele registratie plaats van de momentane waarden van:

- de verticale waterstand;
- de kompasstand van het meetinstrument;
- de helling van het instrument ten opzichte van het horizontale vlak en de richtingsoriëntatie van het hellingsvlak tov het noorden.

De meetsignalen van alle locaties worden centraal ingezameld en verwerkt (zie par.3.1).

De waarden van de relevante golfparameters worden steeds berekend over een tijdsduur van 20 minuten. Om de veranderingen van het golfveld goed te kunnen volgen dient deze duur zo kort mogelijk te zijn, maar de nauwkeurigheid van de berekende golfparameters wordt beter naarmate de meetduur langer wordt.

De meetduur van 20 minuten is voor het beschouwde meetgebied het optimum tussen nauwkeurigheid en veranderlijkheid. Bij een kortere meetperiode dan 20 minuten zijn er in principe te weinig golven gepasseerd om tot een adequate middeling te kunnen komen.

Iedere 10 minuten vindt een berekening plaats van de 20' gemiddelden van de golfparameters.

Referenties: ref.9 en <http://www.golfklimaat.nl> -> uitleg >verwerken.

Uurwaarden golfhoogte en golfperiode ten behoeve van de SYNOP

De 20 minuutgemiddelden zoals geregistreerd op precies 10 minuten voor het gehele uur, worden gebruikt tbv de codering in de uurlijkse SYNOP. Op uur (hh) zijn deze derhalve gebaseerd op de gemiddelden in de periode (hh-1)30' - (hh-1)50' volgens de definities in par. 1.2.2.

2.5 vereiste dataaanwezigheid per specifieke periode

Als gevolg van storingen in meetinstrumenten en telemetrie apparatuur op de meetlocaties ontstaat af en toe uitval in de golfmeetreeksen. Door de moeilijke bereikbaarheid van de meetlocaties kan het soms geruime tijd duren voordat de noodzakelijke reparaties worden verricht. De uitval is daardoor vrij hoog, tot ongeveer 10% van de tijd. In het operationele proces is een dergelijke data afwezigheid acceptabel.

3. Instrumenten en techniek

3.1 techniek en specificaties

3.1.1 Instrumenten

Het meten van golven op de Noordzee gebeurt met 3 verschillende typen meetinstrumenten, namelijk :

- baken (stappenbaak)
- boeien (waverider, wavec, directional waverider)
- radar

Baken

Stappenbaken zijn lange verticale buizen, waaraan op regelmatige afstanden elektroden zijn bevestigd. Deze baken zijn gemonteerd aan platforms of meetpalen. Zie bijlage, fig.5.

Met behulp van elektronica wordt continue gemeten wat de hoogste elektrode is die zich nog onder water bevindt. Daarmee worden de veranderingen van het zeeoppervlak in de tijd vastgelegd en daaruit worden karakteristieken van de golfbeweging bepaald.

Met een stappenbaak worden alleen golfhoogten en golfperioden gemeten, geen golfrichtingen.

Boeien

Van de drie genoemde boeien is de waverider de oudste. Deze meet geen golfrichting. De boei is bolvormig met een diameter van iets minder dan 1 meter. De boei meet de versnellingen in verticale richting, die worden veroorzaakt door de golfkrachten op de boei. Hieruit kunnen de hoogteveranderingen van het zeeoppervlak worden berekend en daaruit kunnen weer golfkarakteristieken worden bepaald.


De wavec-boei is de oudste boei waarmee ook golfrichtingen kunnen worden gemeten. Deze boei is veel groter dan de waverider (diameter 2,5 m). De boei meet, naast de verticale versnellingen, ook hellingen van de boei onder invloed van de golfbeweging. Daarmee kunnen, behalve golfhoogte en golfperiode, ook karakteristieken van de voortplantingsrichting van de golven worden bepaald. De directional waverider is de moderne versie van de wavec en werkt in principe hetzelfde, maar heeft de afmetingen van een gewone waverider.

Radar

De golfradar meet de hoogte van het wateroppervlak net als de stappenbaak. De radar staat opgesteld op een platform of op een meetpaal. De radarbundel is verticaal naar beneden gericht. Via reflectie wordt de afstand tussen radar en zeeoppervlak gemeten en daarmee worden golven en waterstand vastgelegd.

3.1.2 Dataverwerking

De meetresultaten worden via directe radioverbindingen doorgegeven aan de verwerkingscentra. Daar worden de signalen verwerkt. Deze verwerking bestaat eerst uit een controle van het binnenkomende signaal. Eenvoudige korte verstoringen van het signaal (orde 1 seconde) worden gecorrigeerd. Bij langer aanhoudende fouten (>> 1 seconde) of bij langdurige onderbrekingen in het signaal wordt de datareeks c.q. een deel van de reeks afgekeurd. Vervolgens worden door middel van gestandaardiseerde methoden allerlei eigenschappen van het bemeten golfveld vastgelegd in een standaardset karakteriserende parameters.



De meeste meetlocaties voor golven behoren tot het meetnet Noordzee, waarvan de gegevens worden verwerkt bij RWS Directie Noordzee in Rijswijk. Een tweetal zuidelijke meetlocaties in de Noordzee (Schouwenbank en Scheur West) behoren tot het meetnet Zeeland (ZEGE). De gegevens van deze meetlocaties gaan naar het Verwerking Centrum Zeeland (VCZ) van de Directie Zeeland van Rijkswaterstaat te Middelburg.

Referentie: <http://www.golfsklimaat.nl> -> uitleg -> meten

3.2 onderhoud- en calibratieprocedures

De golfmeetinstrumenten van de meetlocaties in het meetnet Noordzee behoren tot het Landelijk Instrumenten Bestand LIB dat onder beheer staat van het RIKZ.

Het goede functioneren van de meetinstrumenten, inclusief onderhoud, calibratie en eventuele vervanging, geschiedt onder verantwoordelijkheid van het RIKZ conform eigen procedures.

4.Procedures

4.1 procedures bij uitval automatische waarnemingen

Na melding van problemen met golfddata wordt Rijkswaterstaat RWS Directie Noordzee geïnformeerd. Deze dienst draagt zorg voor herstel conform eigen procedures.

4.2 procedures voor achteraf validatie

In het Klimatologische Informatiesysteem KIS worden op dagbasis de uurwaarden van het afgelopen etmaal (01- 24 UTC) van de bovengenoemde stations van het meetnet Noordzee ingelezen en gearchieverd:

- HW: hoogte golven
- PW: periode golven

Alle nieuw in KIS ingevoerde waarden PW en HW worden onderworpen aan automatische controleprocedures die in het systeem ingeprogrammeerd zijn. Het gaat om de volgende procedures per station:

PW

(in eenheid seconde)

- PW dient $\in [0,11]$ anders is de waarde verdacht;
- Indien $PW = 0$ en $HW \neq 0$ dan is de waarde PW verdacht;

HW

(in eenheid 0,5 meter)

Indien de uurwaarde HW de per ondergenoemde maand aangegeven waarde overschrijdt is de waarde HW verdacht:

januari:	14	juli:	8
februari:	14	augustus:	9
maart:	12	september:	13
april:	12	oktober:	14
mei:	11	november:	14
juni:	8	december:	14

Indien $ff > 9$ knopen (4,6 m/s) en $HW = 0$ dan is de waarde van HW verdacht.

(ref.4)

De validatie met betrekking tot de nieuw ingevoerde waarden geschiedt op dagbasis (alleen op werkdagen) onder verantwoordelijkheid van de afdeling WM/OD/BWS. Verdachte c.q. ontbrekende waarden worden zo mogelijk vervangen.

De alternatieve waarde wordt gebaseerd op:

- lineaire interpolatie van aangrenzende (correcte) waarden in de tijdreeks;
- inschatting van de uurwaarde op grond van de 10-minuten waarden (zie par. 2.4).

Vervanging geschiedt handmatig. Deze vervanging wordt in het databestand aangegeven met een kwaliteitsindicator.



4.3 procedures voor inspectie

De inspectie valt onder de verantwoordelijkheid van Rijkswaterstaat RWS.

5. Herleiding golfparameters uit golfmetingen

5.1 herleiding golfparameters in tijdsdomein en frequentiedomein

Referentie:

<http://www.golfklimaat.nl> -> uitleg -> golfparameters

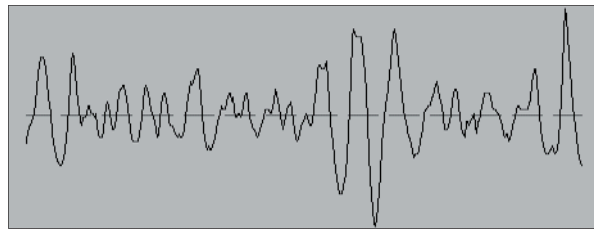
Voor een uitgebreide uitleg:

<http://www.golfklimaat.nl> -> uitleg -> golfparameters -> golfparameters (uitgebreide uitleg)

De toestand van het wateroppervlak op de Noordzee onder invloed van wind is te beschrijven als een opeenvolging van onregelmatige golven, onderling (sterk) verschillend in hoogte en periode, met een zekere spreiding komend uit een bepaalde (hoofd)richting en voortdurend veranderend.

Onderstaande figuur is een voorbeeld van een golfbeweging bij een vast punt op het zeeoppervlak.

Figuur 2. Verticale waterstand op gefixeerd punt zeeoppervlak als functie van de tijd



Figuur 2 uit de site "Golfklimaat" { <http://www.golfklimaat.nl> -> uitleg -> golfparameters } van Rijksinstituut voor Kust en Zee RIKZ.

De 0,5 seconde instrumentele registraties (zie par. 2.4) zijn de basisgegevens voor de bepaling van de karakteristieke golfparameters golfhoogte, -periode, golfrichting, golffrequentie en - energie(-dichtheid) (definities beschreven in par.1.2):

a) berekening golfhoogte en -periode

Golfhoogte en golfperiode betreffen parameters in het zogeheten tijddomein. De berekening van deze parameters is gebaseerd op het rekenkundig gemiddelde van (een gespecificeerde selectie uit) de onderhavige set individuele golfhoogten c.q. golfperiodes in de afgelopen 20 minuten.

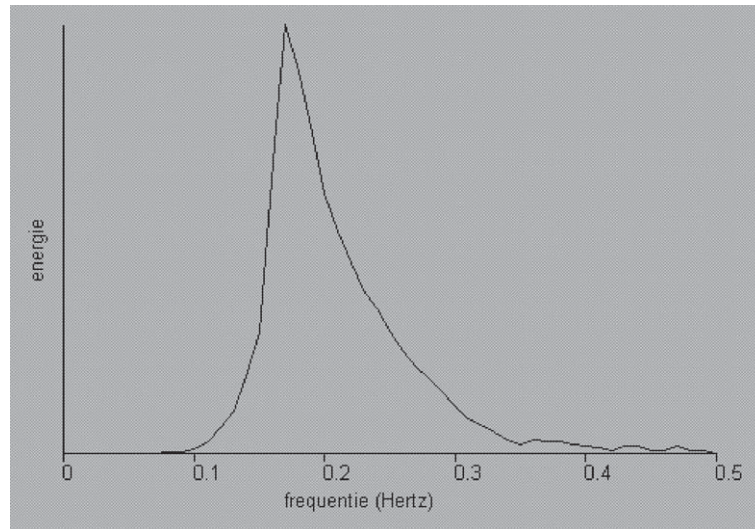
b) berekening golfrichting

De berekening van de richting is gebaseerd op het vectorieel gemiddelde van (een gespecificeerde selectie uit) de onderhavige set golfrichtingen in de afgelopen 20 minuten {NB Het vectorieel gemiddelde is gegrond op de eenheidsvector, dat wil zeggen de voortgangssnelheid wordt in de middeling buiten beschouwing gelaten}.

c) berekening spectrale parameters frequentie en energie

Golffrequentie en golfenergie betreffen parameters in het zogeheten frequentiedomein. Door middel van Fourier transformatie worden de signalen met betrekking tot de golfhoogte in het onderhavige tijdperk van 20 minuten omgezet naar een set sinusvormige bewegingen met bijbehorende frequenties en hoogtes. Deze bepalen de spectrale verdeling, waarin de frequentie op de horizontale as wordt weergegeven en de energie op de verticale as.

Zie voorbeeld in figuur 3.



Figuur 3.
Golfspectrum

Figuur 3 uit de site “Golfklimaat” { <http://www.golfklimaat.nl>
-> uitleg -> golfparameters -> golfparameters (uitgebreide uitleg) van
Rijksinstituut voor Kust en Zee RIKZ.

De toestand van het wateroppervlak is niet exact te beschrijven met de berekening van enkele relevante golfparameters op een gefixeerd punt. Gemiddelde golfhogte en gemiddelde golfperiode geven wel een goede indicatie voor de in een golfveld aanwezige golfhogten of golfperioden, maar zeggen bijvoorbeeld weinig over het voorkomen van echt hoge golven of lange perioden. Voor het juist interpreteren van golfvelden en golfklimaten is het van belang te weten wat golfparameters voorstellen en hoe ze de golfbeweging karakteriseren. Voorbeeld: de (significante) golfhogte $H_{1/3}$ is het gemiddelde van het hoogste $1/3$ deel van alle golven in een golfveld.

Dit betekent dat als het golfveld lang genoeg staat, ongeveer 1 op de 8 golven in het veld hoger is dan $H_{1/3}$, en dat verder 1 op de 100 golven hoger zal zijn dan ca. $1,5 * H_{1/3}$ en dat de hoogste golf in de orde van $2 * H_{1/3}$ kan zijn. (ref. 8)

Visualisering van de golfparameters in een plaatje van het spectrum geeft een zeer goed indicatief inzicht in het heersende golfveld.

5.2 beschrijving presentatie golfspectra op KNMI-intranet

Op het KNMI intranet worden de actuele golfspectra gepresenteerd: <http://info.knmi.nl/~stam/gps/>. De presentatie betreft de spectra per golfmeetstation op de Noordzee (zie overzicht stations in de bijlage bij dit hoofdstuk) tot 12 uur terug met stappen van 1 uur (tevens per station en tijdstip het spectrum gevisualiseerd per golfrichting, responsie 10 booggraden). Voorts is op de site informatie opgenomen over de spectrale output van het golfmodel NEDWAM (actual forecasts en previous forecasts): <http://info.knmi.nl/~stam/gps/>. De gevisualiseerde output geeft derhalve informatie met betrekking tot het actuele golfveld, de situatie tot 12 uur geleden en de verwachte situatie.



Het golfspectrum wordt in de presentatie door middel van drie plots naast elkaar weergegeven, met als bereik voor de frequentie f gewoonlijk $0 - 0,4$ Hz:

- ééndimensionaal: variantiedichtheid;
- gemiddelde richting als functie van de frequentie;
- twee-dimensionaal: de variantiedichtheid, polair geplot, genormeerd ten opzichte van het maximum.

Tevens wordt de f^{-5} lijn geplot. Deze kromme ($0,0005 \cdot f^{-5}$) is gerelateerd aan het Phillips-spectrum. Het is een indicatie voor de mate van volgroeiheid van de zeegang. Vanwege de maximaal toegelaten steilheid van de golven zal het hoogfrequente deel van het spectrum nooit ver boven deze lijn komen. Meestal is er sprake van deining, als het spectrum ruim onder de f^{-5} -lijn blijft. (ref. 9, Guide to Wave Analysis and Forecasting, 1998, WMO-No. 702)

In de polaire plot van het waargenomen golfspectrum is het twee-dimensionale spectrum niet rechtstreeks beschikbaar uit metingen, maar moet worden bepaald uit de beschikbare gegevens. Hiervoor wordt de Cauchy-verdelingsfunctie gebruikt. Bij het model-spectrum werkt het omgekeerd. In dit geval is het spectrum beschikbaar als twee-dimensionaal spectrum. Zie informatie: <http://info.knmi.nl/~stam/gps/>.

6. Opstellingseisen en omgevingscondities

De opstellingseisen en omgevingscondities zijn niet door het KNMI geformuleerd omdat de metingen niet onder eigen verantwoordelijkheid geschieden. Ook internationaal zijn er nauwelijks opstellingseisen en omgevingscondities ten aanzien van operationele golfmetingen beschreven. De WMO-guide no.8, Guide to meteorological instruments and methods of observations, geeft slechts summiere informatie over golfmetingen: in part II, hoofdstuk 4, Marine observations, paragraaf II.4, 4.5. "Towers and platforms" (ref 1).

Referenties

1. WMO, no.8, Guide to meteorological instruments and methods of observations, 6th edition, World Meteorological Organization WMO, Genève, 1996
2. FM 13_X SHIP, Synoptisch weerrapport van een waarnemingsstation op zee, versie 5.0, uit "KNMI Handboek Meteorologische Codes", P.IJ.de Vries, KNMI, De Bilt, januari 2000
3. Handleiding voor het gebruik van Sectie 2 van de FM 13_X SHIP Code voor waarnemers op zee, KNMI/Klu/KM, De Bilt, 1996
4. Basisontwerp Vernieuwing Operationeel Klimatologisch Informatiesysteem VOKIS, KNMI-document, 1992
5. De Rijkswaterstaat standaard voor de inwinning, verwerking en uitgifte van hydrologische en meteorologische gegevens uit operationele meetnetten, Ministerie van V en W, oktober 1995
6. Het Internationale Stelsel van Eenheden (SI), Nederlands Meetinstituut NMI, Delft, 1994
7. International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology, uitg. ISO, 1993
8. Zeegolven, Groen en Dorrestein, KNMI opstellen op oceanografisch en maritiem meteorologisch gebied no.11, derde druk, 1976
9. Guide to Wave Analysis and Forecasting, WMO no. 702 (second edition), WMO, 1998
<http://www.wmo.ch/web/aom/marprog/Wordpdfs/WMO%20No%20702/WMO702.pdf> {tevens op KNMI-intranet: <http://info.knmi.nl/~bouws/> en <http://info.knmi.nl/wm/> (->documenten)}
10. Handleiding voor het gebruik van Sectie 2 van de FM 13_X SHIP Code door stations op zee, KNMI/Klu/KM, De Bilt, 1994
11. MFPS/Meetnet informatiebulletin, gezamenlijke meetnet beheerders, no.1, 2000
12. Measuring and analyzing the directional spectrum of ocean waves, working group COST 714, 2004
13. FM 12_X SYNOP, Synoptisch weerrapport van een vast landstation, versie 5.0, uit "KNMI Handboek Meteorologische Codes", P.IJ.de Vries, KNMI, De Bilt, januari 2000

Bijlage

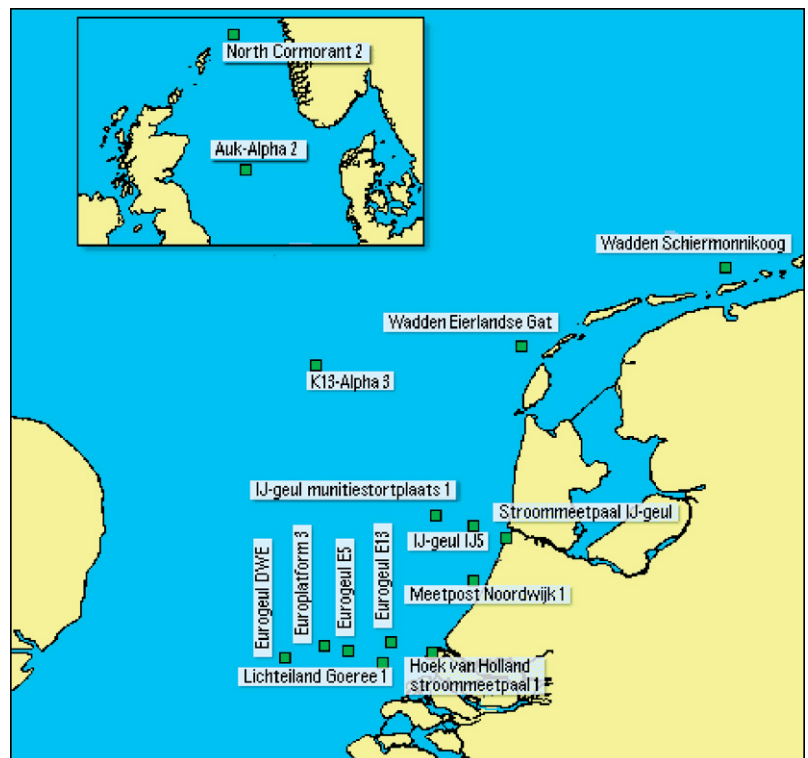
Golfmeetstations op de Noordzee

Lettercode c.q. WMO-nummer	Stationsnaam
o6239*	F-03 (AWS KNMI)**
o6252*	K13-Alpha
o6253*	AUK-Alpha
o6254*	Meetpost Noordwijk
o6255*	North Cormorant
o6320*	Lichteiland Goeree
o6321*	Europlatform
MUN	IJ-geul Munitiestortplaats
ELD	Wadden Eierlandse gat
SMN	Wadden Schiermonnikoog
ANA	Anasuria

Tabel 1, Naam en code golfmeetstations op de Noordzee

* de gegevens van deze meetstations worden opgeslagen in KIS

** dit station doet nog geen operationele golfmetingen



Figuur 4.
Plattegrond Noordzee met stations
(<http://www.actuelewaterdata.nl/golfgegevens>)

Onderstaande tabel geeft de naam van de meetlocatie en tot welk meetnet deze behoort. Daarna volgen de geografische coördinaten. Tenslotte wordt de diepte ter plaatse gegeven.

Referentie: <http://www.golflimaat.nl> -> uitleg -> meetlocaties

Stationsnaam	meetnet	NB	OL	aterdiepte (m)
Auk-Alpha	Noord ee	56°23'59"	02°03'56"	85
K13-Alpha	Noord ee	53°13'04"	03°13'13"	30
Wadden Schiermonnikoog	Noord ee	53°35'44"	06°10'00"	19
Wadden Eierlandse Gat	Noord ee	53°16'37"	04°39'42"	26
IJ-geul Munitiestortplaats	Noord ee	52°33'00"	04°03'30"	21
Meetpost Noordwijk	Noord ee	52°16'26"	04°17'46"	18
Europlatform	Noord ee	51°59'55"	03°16'35"	32
Lichteiland Goeree	Noord ee	51°55'33"	03°40'11"	21
North Cormorant	Noord ee	61°14'24"	01°09'00"	161
Anasuria	Noord ee	57°15'38"	00°47'08"	86

Tabel 2, Naam en geografische ligging meetstation

Onderstaande tabel geeft een overzicht van het aanwezige golfmeetinstrumentarium. Onder de kop hoofdsensor wordt in de tabel aangegeven welk instrument als enige sensor of als hoofdsensor fungeert en onder de kop nevensensor welk type de nevensensor is. De nevensensor dient als backup bij uitval.

Meetlocatie	Hoofdsensor	Nevensensor
Auk-Alpha	Wavec	Radar
K13-Alpha	Dir. Waverider	Waverider
Wadden Schiermonnikoog	Dir. Waverider	
Wadden Eierlandse Gat	Dir. Waverider	
IJ-geul Munitie stortplaats	Dir. Waverider	Waverider
Meetpost Noordwijk	Radar	
Europlatform	Dir. Waverider	Radar
Lichteiland Goeree	Radar	
North Cormorant	Wavec	Radar
Anasuria	Wavec	

Tabel 3, Overzicht golfmeetinstrumenten per station

Referentie: <http://www.golflimaat.nl> -> uitleg -> meetlocaties

Meer specifieke details over de golfmetingen per station zijn te vinden op de site:

<http://www.actuelewaterdata.nl/golfgegevens>)




*Figuur 5. Stappenbaak
Meetpost Noordwijk*

Inhoud

Hoofdstuk 20, Bliksem

1. Beschrijving 20-1
 - 1.1 benaming van de basisgrootheid 20-1
 - 1.2 definities, omschrijving van de begrippen 20-1
 - 1.2.1 atmosferisch elektrisch stroomcircuit 20-1
 - 1.2.2 onweer 20-1
 - 1.2.3 bliksem 20-2
 - 1.2.4 donder 20-3
 - 1.2.5 wolk – wolk ontladingen 20-3
 - 1.2.6 wolk – grond ontladingen 20-3
 - 1.3 grootheden met bijbehorende eenheden 20-7
 - 1.4 elementcodes 20-8
2. Operationele eisen 20-9
 - 2.1 bereik 20-9
 - 2.2 waarneemresolutie in verband met berichtgeving 20-9
 - 2.3 vereiste nauwkeurigheid 20-9
 - 2.4 vereiste waarneemfrequentie en -tijdstippen 20-10
 - 2.5 vereiste data-aanwezigheid per specifieke periode 20-10
3. Instrumenten en techniek 20-11
 - 3.1 techniek en specificaties 20-11
 - 3.1.1 historie 20-11
 - 3.1.2 globale Systeembeschrijving 20-12
 - 3.1.3 plaatsbepaling 20-13
 - 3.1.4 discriminatie 20-14
 - 3.1.5 stroomsterkte 20-15
 - 3.1.6 nauwkeurigheid systeem 20-15
 - 3.2 Data uitvoer 20-15
 - 3.2.1 bliksemdata in HDF5 formaat 20-15
 - 3.2.2 FLITS-beeldproduct en opslag beelddata in HDF5 formaat 20-16
 - 3.2.3 dataverwerking elektrische ontladingen ten behoeve van weercode 20-16
 - 3.2.4 datagebruik 20-17
 - 3.3 onderhoud- en calibratieprocedures 20-18
 - 3.3.1. procedures 20-18
 - 3.3.2 onderhoudschema 20-19
4. Procedures 20-21
 - 4.1 procedures bij uitval automatische waarnemingen 20-21
 - 4.2 procedures voor achteraf validatie 20-21
 - 4.3 procedures voor inspectie 20-21
5. Herleiding van parameters: dataherleiding van lokalisaties en discriminaties 20-23
 - 5.1 waarnemen van bliksemontladingen met radiofrequente golven 20-23
 - 5.2 lokalisatie van bliksemontladingen en inslagen 20-23
 - 5.3 discriminatie van bliksemontladingen en inslagen 20-26
 - 5.4 afleiding van de stroomsterkte 20-26



- 
- 6. Opstellingseisen en omgevingscondities 20-27
 - 6.1 opstellingseisen en –voorzieningen 20-27
 - 6.2 condities m.b.t. omgeving en meetlocatie, c.q. representativiteit waarnemingen 20-27
 - 6.3 condities mbt electromagnetische omgeving 20-28

Referenties 20-31



Bliksem

1. Beschrijving

1.1 benaming van de basisgrootheid

De WMO spreekt van “atmospherics”. Hiermee wordt bedoeld het stelsel van electromagnetische golven, die het gevolg zijn van bliksem ontladingen (lightning discharges) in de atmosfeer. Bliksemdetectie is gericht op het lokaliseren van de bronnen van deze atmospheric, namelijk de bliksemflitsen (flashes). {WMO, no. 8, *Guide to meteorological instruments and methods of observations, 6th edition, part II, chapter 7, Locating the sources of atmospheric, WMO, Genève, 1996, ref.14*}

De benaming van het waar te nemen meteorologische fenomeen is “Bliksem” (internationale aanduiding: “Lightning”).

1.2 definities, omschrijving van de begrippen

{zie ook: “Luchtelektriciteit en onweer”, H.R.A. Wessels, KNMI, de Bilt, gepubliceerd in: *Zenit*, 17, 1990, blz.258-264, ref.1}

1.2.1 atmosferisch elektrisch stroomcircuit

Onweer is onderdeel van een uitgebreide elektrische activiteit in de atmosfeer. Men spreekt in dit verband van het luchtelektrisch stroomcircuit. In de atmosfeer komen ladingsdragers voor, zoals elektronen en positief of negatief geladen moleculen, ionen genaamd. Dergelijke ladingen worden veroorzaakt door kosmische stralen en -in mindere mate - door natuurlijke radioactiviteit. Tevens kunnen ladingen gekoppeld zijn aan stofdeeltjes, waterdruppels of ijskristallen. De vaste aarde en de oceanen zijn goede geleiders. De geleidbaarheid in de onderste 20 km van de atmosfeer is echter slecht. Vanaf ca. 50 km hoogte is er sprake van een spectaculair toenemende ionisatie. Deze laag is de ionosfeer. De ionosfeer heeft een continu spanningsverschil van +300000 volt ten opzichte van het aardoppervlak: het zo geheten mooi weer veld. Ondanks de slechte geleiding van lucht is er toch sprake van een kleine lekstroom tussen ionosfeer en aarde. Deze stroom maakt deel uit van het luchtelektrisch circuit. De lekstroom uit de ionosfeer bedraagt gemiddeld slechts 2.7 microampère per vierkante km aardoppervlak. Over de hele aarde gerekend is de totale stroomsterkte 1400 ampère. De stroom wordt gegenereerd door een 'batterij' in het luchtelektrisch circuit, namelijk alle onweersbuien die op een bepaald moment op de hele aarde aanwezig zijn, gemiddeld ca. 1500. Omdat die buien een totale lekstroomsterkte van 1400 ampère in stand houden laadt een gemiddelde onweersbui de ionosfeer derhalve met ca. 1 ampère.

1.2.2 onweer

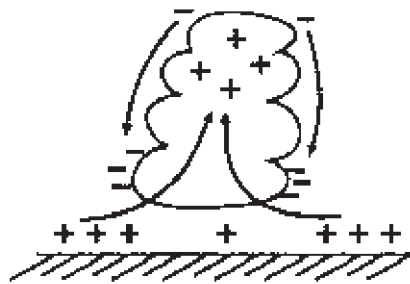
In sterk stijgende luchtstromingen kunnen buien ontstaan: daarbij is onweer mogelijk. Volgens de Internationale Wolkenatlas (*WMO no.407, International cloud atlas, WMO, Genève, 1987, ref.15*) is de definitie van onweer: “Eén of meer plotselinge elektrische ontladingen, waarneembaar als een lichtflits (bliksem) en een scherp rommelend geluid (donder)”. Men spreekt van weerlicht, als de bliksem in of achter een wolk oplicht, zodat het eigenlijke bliksemkanaal onzichtbaar blijft.

Wat onweer betreft, onderscheidt men warmtebuien, die bijvoorbeeld boven zonbeschenen grond ontstaan en frontale buien, die te maken hebben met langstreckende storingen (depressies, fronten) in de atmosfeer. In beide soorten buien gebeurt van alles met druppels en ijskristallen: verticale bewegingen, onderlinge botsingen, bevroering of smelten. Bij die processen kan op allerlei manieren overdracht van lading plaats vinden.

In de meeste buien verzamelt zich positieve lading boven in de wolken en de negatieve lading onder in de wolken. Het spanningsverschil tussen beide ladingen kan wel 300 miljoen volt bedragen, zodat de top sterk positief is ten opzichte van de ionosfeer en de onderzijde negatief ten opzichte van aarde. Aldus wordt de toestand gecreëerd die de opwaartse stroom veroorzaakt en dus uiteindelijk de oplading van de ionosfeer. Het gaat hierbij om drie processen:

- puntontlading (vanuit hoge objecten als torens en bomen): gemiddeld 3 microampère per vierkante km opwaarts;
- ontlading via bliksem: gemiddeld 0.6 microampère per vierkante km opwaarts;
- 0.9 microampère per vierkante km neerwaarts in de lading die met vallende neerslag de aarde bereikt.

Netto totaal opwaarts dus 2,7 microampère per vierkante km.



Figuur 1. Verplaatsing van geladen deeltjes bij de vorming van stapelwolken.

Verskillende mechanismen kunnen leiden tot ladingsscheiding. De belangrijkste voorwaarde voor het ontstaan van een onweerswolk is de sterke opstijgende luchtstroom.

1.2.3 bliksem

De ladingsverdeling in de onweerswolk hoeft op zichzelf nog niet tot het ontstaan van plotselinge ontladingen, de bliksems, te leiden. Het gaat om een scala van factoren en triggers die uiteindelijk de bliksem veroorzaken. Door een onregelmatige verdeling van de ladingen in de wolk kan plaatselijk vonkvorming optreden. Hierdoor vindt dan ionisatie plaats en neemt de geleiding sterk toe. De hoogste spanningsverschillen verplaatsen zich waardoor elders weer vonken ontstaan en herhaalt zich het proces. Deze kettingreactie leidt tot een zichzelf voortplantend geleidend kanaal, de zogenaamde voorontlading. Deze voorontlading is een kanaal c.q. stelsel kanalen gevuld met lading. De daalsnelheid van de voorontlading is ca. 1500 km/sec. Eén of meer takken van de voorontlading kunnen dicht bij de grond komen, bijvoorbeeld op 100 m hoogte. Het kanaal heeft dan ongeveer de elektrische spanning van de wolk en de veldsterkte (volt per meter hoogteverschil) boven de grond loopt enorm op. Met name vanuit spitse punten kan dan krachtige vonkvorming in de richting van het naderende voorontladingskanaal optreden. Men noemt dit om begrijpelijke redenen de vangontlading. De vangontlading is een stelsel vonken vanuit spitse punten. Zodra de vangontlading contact maakt is er een kort-



sluiting ontstaan tussen de ladingscentra in wolk en aarde. Door grote elektronenverplaatsing van de wolk naar de aarde vindt dan de hoofdontlading plaats. Dit verschijnsel, dat met hevig oplichten gepaard gaat, verplaatst zich met ca. 100000 km/sec. Vanwege de snelle herverdeling van lading in de wolk kan dit bliksemproces zich een aantal malen herhalen. Wat als één bliksem wordt waargenomen, bestaat dus vaak uit een aantal zogenaamde 'deelbliksems'.

1.2.4 donder

De hoge temperatuur van het bliksemkanaal, 30000 °C, wordt in zeer korte tijd bereikt. De lucht in het kanaal zet zo snel uit, dat men van een explosie kan spreken. Een scherpe explosie-knal horen we dan ook bij een nabije inslag.

Op grotere afstand gaat het effect van de betrekkelijk lage geluidssnelheid, ruim 300 m/sec, een rol spelen. Indien het verste deel van het bliksemkanaal 5 km verder weg is dan het meest nabije deel, zal de donder minstens 15 sec aanhouden. Echo's kunnen het rollend effect van de donder nog versterken.

1.2.5 wolk – wolk ontladingen

Deze betreffen bliksems die niet de grond bereiken. Met name als de wolkenbasis hoog is, zoals in de tropen, of in ons land op hete zomerdagen, vinden de meeste ontladingen in de wolken plaats. Soms is dit binnen één wolk, soms tussen verschillende wolken. De zo gevormde bliksems kunnen soms wel 100 km lang zijn.

1.2.6 wolk – grond ontladingen

Men spreekt bij wolk – grond ontladingen ook van “inslagen” of “bliksem-inslagen”.

Vier typen worden onderscheiden: negatief neerwaarts, negatief opwaarts, positief neerwaarts, positief opwaarts.

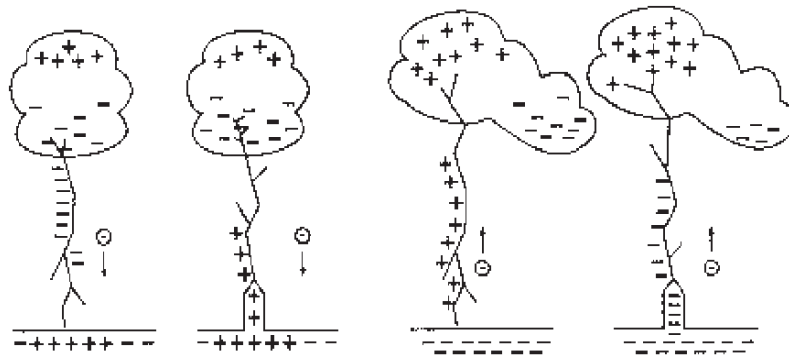
- *negatief versus positief (negatief: elektronen van wolk naar aarde; positief: elektronen van aarde naar wolk)*

Gewoonlijk bevindt zich de negatieve lading in de wolk boven het aardoppervlak. Er ontstaat dan een elektronenstroom van wolk naar aarde, waarbij men dan spreekt van een negatieve ontlading. Zo'n ladingsverdeling in de wolk hoeft echter niet altijd het geval te zijn. Als de wolktop bijvoorbeeld door de wind wegdrijft ten opzichte van de basis, kan ook een positieve lading min of meer vrij boven de grond optreden en zich naar de aarde ontladen. Dit pleegt vooral bij koud weer te gebeuren, in ons land dus vooral in herfst en winter. Deze voorkeur is niet onaannemelijk, omdat zich dan het -10 à -20 graad Celsius niveau met positieve lading op hoogten van slechts 2 à 3 km bevindt en niet op 4 à 6 km zoals in de zomer. Hierbij transporteren de ontladingen elektronen omhoog, zodat de plusstroomrichting naar de aarde gericht is. Men noemt dit positieve ontladingen. Kenmerkend voor positieve ontladingen is voorts de afwezigheid van meervoudige ontladingen. Dit houdt mogelijk verband met de mate waarin elektronen uit het aardoppervlak kunnen worden vrijgemaakt.

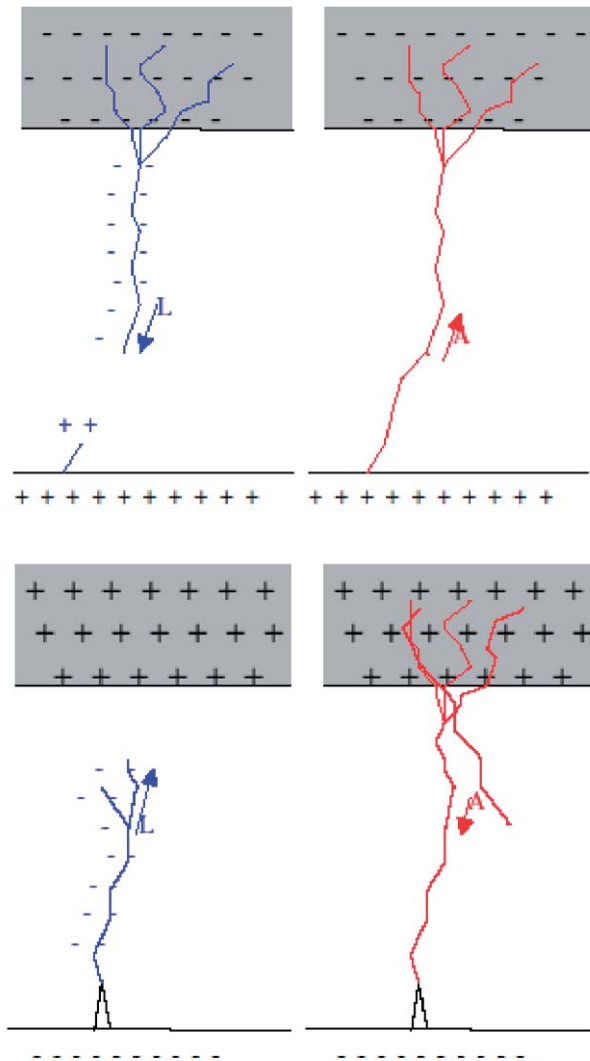
- *neerwaarts versus opwaarts (neerwaarts: voorontladingskanaal verplaatst zich vanuit de wolk neerwaarts richting aarde; opwaarts: voorontladingskanaal verplaatst zich vanuit het aardoppervlak opwaarts richting de wolk)*

Gewoonlijk verplaatst het voorontladingskanaal zich vanuit de wolk neerwaarts richting de aarde. Indien de onweersbui over ongelijk terrein trekt, kan de veldsterkte boven de hoogste toppen (uitsteeksels, berg- of heuveltoppen in geaccidenteerd terrein, etc.) zo hoog oplopen dat de voorontlading daar begint

en zich opwaarts verplaatst tot in de wolken. Dergelijke bliksems zijn minder hevig dan natuurlijke bliksems boven egaal terrein. Bliksems met beide typen voorontladingen (neerwaarts, c.q. opwaarts) komen zowel bij positieve als negatieve wolken voor, zodat we in totaal - gelet op ladingsverdeling en beginpunt - 4 typen bliksems kunnen onderscheiden. Zie figuur 2.



Figuur 2. Vier typen blikseminslagen: negatief neerwaarts, negatief opwaarts, positief neerwaarts, positief opwaarts.



Een gemiddelde bliksem haalt ca. 30 kiloampère. Bij positieve bliksems komen soms waarden van 300 kiloampère voor. Hoe sneller de stroomsterkte stijgt, hoe meer storing of schade de bliksem in bijvoorbeeld nabije elektronische apparaten kan veroorzaken, ook al worden deze niet zelf getroffen. Deze uitwerking op afstand heet inductie.

1.3 grootheden met bijbehorende eenheden

De detectie van een ontlading betreft de registratie van een aantal grootheden die de ontlading kenmerken. De volgende grootheden zijn per ontlading van operationeel belang:

<i>tijdstip</i>	<i>datum/tijd</i>
longitude	geografische lengte
latitude	geografische breedte
type gebeurtenis	CC-ontlading; CG-inslag negatief; CG-inslag positief {negatief versus positief: zie par.1.2.6; CC: cloud – cloud discharge (wolk – wolk ontlading); CG: cloud – ground discharge (wolk – aarde ontlading)}
positie afwijking	mogelijk lokalisatie afwijking igv CG inslagen
stijgtijd	stijgtijd van geïnduceerde stroom igv CG inslagen
daaltijd	daaltijd van geïnduceerde stroom igv CG inslagen
stroom	stroomsterkte van CG inslag

Een serie ontladingen wordt opgeslagen in HDF5 format (Hierarchical Data Format version 5). Het bestand bevat hierbij de volgende gegevens:

- Aantal geregistreerde ontladingen in gespecificeerd tijdsbestek;
- Referentie datum/ tijd met betrekking tot begin van gespecificeerd tijdsbestek;
- Set ontladingen, waarbij per ontlading de data van bovengenoemde grootheden is opgeslagen (datum/ tijd is genoteerd als time offset ten opzichte van referentie datum/tijd).

{Zie verder par. 3.2 en KNMI HDF5 Data Format Specification V3.5, Hans Roozkrans, Iwan Holleman, KNMI Intern Rapport, IR 2003-05, KNMI, De Bilt, 2003, ihb par. 5.8 Discharge group; ref.21}

De gebruikte eenheden zijn conform het internationale stelsel van eenheden (SI)

{Het Internationale Stelsel van Eenheden (SI), Nederlands Meetinstituut NMI, Delft, 1994; ref.2}

<i>grootheden</i>	<i>eenheid(SI)</i>
aantal geregistreerde ontladingen in gespecificeerd tijdsbestek	aantal (integer)
referentie datum/tijd	jaar, maand, dag, uur, minuut, sec
tijd offset tov referentie	seconde (s)
longitude	decimale (boog)graad
latitude	decimale (boog)graad
type gebeurtenis	1-cijfer code: start CC:1, CC-ontlading:2; eind CC:3; CG-inslag eerste:4; CG-inslag volgende:5; enkel punt:0
positie afwijking	meters (m)
stijgtijd/daaltijd	seconde (s)
stroomsterkte	amp re (A) CG-ontlading neg.: CG-ontlading pos.:è

1.4 elementcodes

De basisparameters zijn gecodeerd met een hoofdletter:

- piekstroom: I;
- stijgsnelheid: S;
- daalsnelheid D;
- wolk – wolk ontladingen: CC;
- wolk – grond ontladingen: CG.

In de berichtgeving SYNOP, KLIM en METAR wordt de informatie met betrekking tot bliksem/ onweer/ weerlicht verwerkt in de weercode. Zie handboek meteorologische codes (ref.3) en hoofdstuk 14 van dit Handboek.

2. Operationele eisen

Het KNMI heeft 2 hoofdgebruikers van bliksemgegevens:

- De sector WA: gebruik onweersdata ten behoeve van de generatie van de weercode, alsmede voor een ruimtelijke visualisering met het oog op het vaststellen van de intensiteit en trekrichting van onweersbuiencomplexen.
- De sector WM, inh de afdelingen KD en OD/BWS: gebruik data met het oog op de nauwkeurige lokalisering (tijd, plaats) van schade door inslagen en inductie in verband met verzekeringkwesties; alsmede voor het maken van periodieke weeroverzichten (dag, maand, jaar) en voor klimatologie.

Belangrijke gebruikers buiten het KNMI: Koninklijke Luchtmacht KLu, Koninklijke Marine, Luchtverkeersleiding Nederland LVNL; Weerbureau Weathernews, Koninklijk Meteorologisch Instituut in België KMI, e.a..

De operationele eisen zijn ontleend aan de specifieke voorwaarden van deze gebruikersgroepen.

2.1 bereik

KD en OD/BWS: eisen mbt geografisch bereik:

In het Maandoverzicht van het Weer in Nederland MOW wordt een overzicht gepresenteerd van dagen met tenminste 1 bliksemontlading per blok van 50 à 50 coördinaten volgens de Rijksdriehoeksmeting. Eveneens wordt (sinds oktober 2004) een overzicht gepresenteerd met een frequentieverdeling van het aantal ontladingen per 50 x 50 km² vak. Het gaat bij deze overzichten om het totale gebied van 0 – 300 (West -> Oost) en 300 – 650 (Zuid – Noord) in bedoeld coördinatenstelsel. Dit gebied, geheel Nederland en een deel van de Noordzee, bepaalt voor de KD de voorwaarde mbt het minimale geografische bereik van bliksemdetectie. *WA: eisen mbt geografisch bereik:* Vereist minimaal ruimtelijke bereik ten behoeve van detectie: de gehele Benelux en een stuk Noordzee grenzend aan Nederland en België tot 50 km uit de kust.

2.2 waarneemresolutie in verband met berichtgeving

De tijdsresolutie van het bliksemdetectiesysteem is 100 µsec. Per 1 minuut wordt de informatie door het systeem ververst.

De operationele resolutie wordt bepaald door het gebruik:

- a) De generatie van de weercode vereist iedere 10 minuten een bericht met alle voor de weercode relevante blikseminformatie.
- b) De analyse van incidenten (blikseminslagen e.a.) en klimatologie vereisen informatie op basis van de 1 minuut dataopslag.

2.3 vereiste nauwkeurigheid

In het proces van automatisering van de visuele waarnemingen (*Zie: Evaluatierapport Automatisering Visuele Waarnemingen Ontwikkeling Meetsystemen, Wiel Wauben en Hans de Jongh; , KNMI Technisch rapport; TR-216, KNMI, De Bilt, 1999, ref. 13*) is in het verband van de automatische generatie van de weercode nauwkeurige informatie met betrekking tot bliksemdetectie vereist:

- a) binnen een straal van 15 km rondom IEDER waarneemstation in Nederland met een Present Weather-sensor, ten behoeve van het vaststellen van licht of matig c.q. zwaar onweer;

- b) in een schil van 15 tot 20 km rondom IEDER waarneemstation in Nederland met een Present Weather-sensor ten behoeve van het vaststellen van weerlicht.

Teneinde “licht of matig onweer” en “zwaar onweer” te kunnen onderscheiden, worden aan het systeem de volgende detectie eisen gesteld voor het gebied binnen een straal van 15 km rondom IEDER waarneemstation in Nederland met een Present Weather-sensor:

- Licht of matig: Minder dan 1 ontlading per seconde (omdat een 10 minuten interval wordt beschouwd, gaat het feitelijk om minder dan 600 ontladingen in bedoelde 10 minuten periode);
- Zwaar: 1 of meerdere ontladingen per seconde (omdat een 10 minuten interval wordt beschouwd, gaat het feitelijk om ≥ 600 ontladingen in bedoelde 10 minuten periode).

De Klimatologische Dienst behoeft voor het uitbrengen van expert-advies inzake de waarschijnlijkheid van blikseminslagen c.q. inductie als gevolg van bliksemontladingen een ruimtelijke detectienauwkeurigheid van 500 meter. Hierbij wordt een zekerheid aangenomen van minimaal 50% voor een inslag binnen een straal van 500 meter rondom het punt zoals gelokaliseerd door het systeem.

{NB de plaatsingsnauwkeurigheid is eerder 2 à 3 km; zie TR-268 , ref. 16}

2.4 vereiste waarneemfrequentie en -tijdstippen

Het FLITS systeem kent drie tijd intervallen: 1 minuut, 5 minuut, en 24 uur. Alle gegevens per gedetecteerde ontlading (tijdstip, locatie, stijgtijd, daaltijd, stroomsterkte e.a.) worden verzameld en opgeslagen in een bestand cf. dataformat HDF5 {*KNMI HDF5 Data Format Specification V3.5, Hans Roozkrans, Iwan Holleman, KNMI Intern Rapport, IR 2003-05, KNMI, De Bilt, 2003; ref.21*}.

Per 10 minuten wordt mede op basis van bovenstaande gegevens een weercode gegenereerd, welke als basis dient voor de halfuurlijkse METAR, c.q. uurlijkse SYNOP/ KLIM.

2.5 vereiste data-aanwezigheid per specifieke periode

De weercode $w_a w_a$ wordt niet gegenereerd indien van één of meer van de gerelateerde parameters, inclusief dus de onweerparameters, het 10 minuten blok ontbreekt. Deze conditie impliceert derhalve de noodzaak van 100% beschikbaarheid van data.

De Klimatologische Dienst KD behoeft voor een gegarandeerd expert-advies in principe een 100% beschikbaarheid van data.

Feitelijk impliceren bovengenoemde 100 % condities een permanente beschikbaarheid van het detectiesysteem, inclusief datatransportsysteem.

In de praktijk is 100% niet realistisch. In het Service Level Agreement SLA met betrekking tot Operationele Systemen tussen Hoofd Operationele Data OD en Hoofd Instrumentele Afdeling INSA is voor bliksemdetectie een beschikbaarheidspercentage van 97% per jaar afgesproken (zie ref. 19, SLA bliksemdetectie).

3. Instrumenten en techniek

3.1 techniek en specificaties

{literatuur:

- - *Bliksemdetectie met het KNMI-KLU netwerk*, H.R.A. Wessels, KNMI, de Bilt, referentie: <http://www.knmi.nl/voorl/nader/blkunt.htm>, ref. 4;
- *SAFIR beeldproduct voor real-time gebruik*, Iwan Holleman, KNMI Intern rapport; IR 2002-03, KNMI, De Bilt, 2002; ref. 12;
- *TR-268 Evaluation of a lightning detection system*, 2004, Hans Beekhuis, Iwan Holleman; ref. 16.}

3.1.1 historie

Tussen 1976 en 1987 gebruikte het KNMI een netwerk van bliksem tellers. Dat zijn radio-ontvangers die storingen boven een bepaalde drempel registreren. Met enige moeite kon daarmee de regionale inslagdichtheid geschat worden (Wessels, 1977, ref. 5).

Rond 1980 kwamen twee soorten systemen ten behoeve van bliksemdetectie beschikbaar, waarmee vrij nauwkeurig de plaats van inslagen bepaald kon worden. De eerste soort gebruikt antennes waarmee de richting van bliksemstoringen wordt gemeten. Met twee van zulke antennes kan door middel van kruispeiling de plaats van de bliksem gevonden worden. Bij de tweede soort wordt de positie van bliksems bepaald uit de verschillen in looptijd van de radiostoring naar een drietal antennes. Inmiddels zijn er systemen in de handel die beide methodes combineren. Bij dergelijke netwerken staan de antennes op ruim 100 km van elkaar, zodat een vrij groot gebied bewaakt kan worden. In 1987 werd een netwerk volgens de looptijdmethode in gebruik genomen door de NV.KEMA (Janssen, 1989, ref. 6). Het KNMI kon real time beschikken over de data van het KEMA-netwerk. Voor de bliksemregistratie en het bliksemonderzoek in Nederland, inclusief op het KNMI, was dit een belangrijke stap voorwaarts.

De bovengenoemde netwerken hadden als bezwaar dat ze weinig gevoelig zijn voor horizontale ontladingen. Die kunnen echter toch gevaar opleveren en bovendien kunnen ze een waarschuwing bieden voor even later optredende inslagen. Daarom gebruikt het KNMI - in samenwerking met de Koninklijke Luchtmacht en de Koninklijke Marine - sinds 1995 een netwerk dat alle typen ontladingen registreert. Dit systeem berust op interferometrie en is bekend onder de handelsnaam SAFIR (Surveillance et Alerte Foudre par Interférométrie Radioélectrique). Het Nederlandse netwerk - toen nog bestaande uit 3 stations: Valkenburg, Deelen en De Kooy - is in 1997 gekoppeld aan een vergelijkbaar netwerk van het Koninklijk Meteorologisch Instituut van België (KMI/IRM), bestaande uit drie detectiestations (Oelegem, La Gileppe en Mourcourt). De gebruikswaarde voor de zuidelijke provincies in Nederland is daarmee aanmerkelijk verbeterd. Tevens is aldus het detectiegebied vergroot tot Noord Frankrijk en de Zuidelijke Noordzee en is zo ook de waarschuwings-tijd voor onweer effectief uitgebreid.

In januari 2000 is een meetmast in Hoogeveen in gebruik genomen waarmee de dekking in noordoost Nederland is toegenomen.

Het aangepaste systeem FLITS (Flash Localisation by Interferometry and Time of Arrival System) is operationeel geworden op 18 december 2003. Het FLITS-

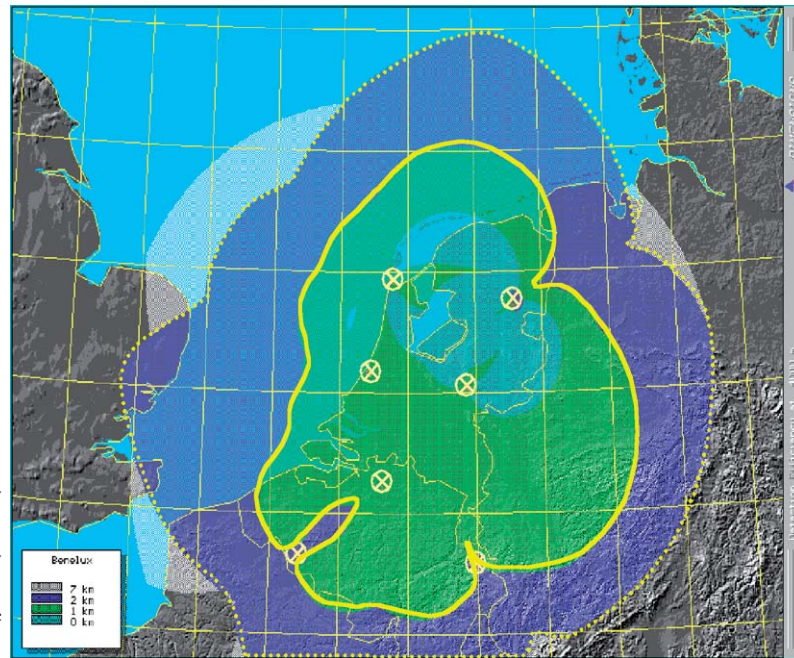
systeem is een upgrade van het SAFIR-systeem. De masten zijn moderner, evenals de processing van de software.

Het nieuwe systeem impliceert 2 detectiemethodieken:

- detectie van CC ontladingen met behulp van interferometrie (dat was ook al mogelijk met het SAFIR-systeem);
- detectie van CG ontladingen op basis van looptijd en interferometrie.

Mede als gevolg van de aanpassingen kan een hogere nauwkeurigheid van de locatiebepaling gerealiseerd worden.

3.1.2 globale systeembeschrijving



Figuur 3 Het FLITS-netwerk.
De detectiestations zijn in de figuur gemarkeerd: De Kooy, Valkenburg, Deelen, Hoogeveen, Oelegen, Mourcourt en La Gileppe.
De kleurschaal toont de berekende nauwkeurigheid van de plaatsbepaling.

Op vier plaatsen in Nederland, te weten in Valkenburg, Den Helder, Deelen, Hoogeveen, staan bliksemstations die de ontladingen detecteren. Een bliksemstation bevat een mast van 17,5 m hoog, welke is uitgerust met 3 sensoren:

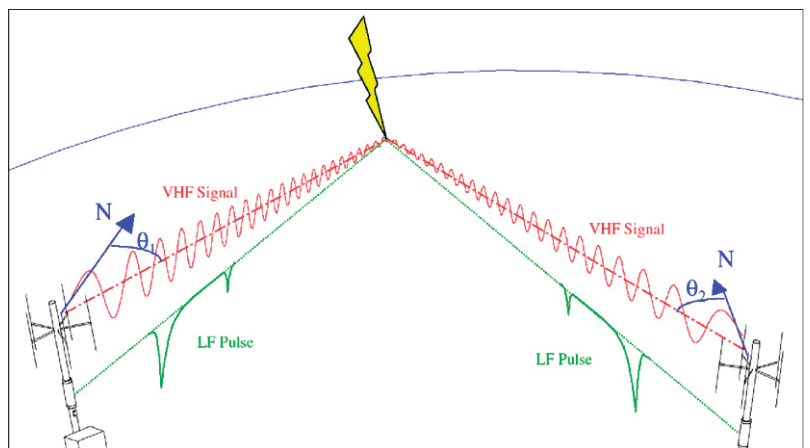
- Een GPS antenne voor het vastleggen van de tijd en de onderlinge synchronisatie van de stations met een nauwkeurigheid van 1 μ sec.
- Vijf plaatsbepalingsantennes, elk bestaande uit een verticale dipool antenne in een gelijkzijdige vijfhoek (zie foto, fig.4). Het ontvangstgebied is rond 110 MHz. Dit is in het zogeheten Very High Frequency (VHF)-gebied. De richting van de ontlading wordt bepaald uit het faseverschil tussen de signalen op de antennes afkomstig van dezelfde bliksem.
- Een lange-golf-antenne (≤ 4 MHz) ten behoeve van signaalanalyse. De ontvangst is in het zogeheten Low Frequency (LF)-gebied.

De meetresultaten van de masten worden naar een centrale unit op het KNMI in De Bilt gezonden. Aldaar worden de meetgegevens verzameld en worden de relevante grootheden berekend en opgeslagen (zie par.1.3).

Een foto van de bliksemdetectiemast in Hoogeveen is hieronder afgebeeld (figuur 4).



Figuur 4. Bliksemdetectiemast
Hoogeveen
(foto: Ronald van de Vate)



Figuur 5. VHF en LF golfvormen zoals
waargenomen door een koppel
detectiestations

3.1.3 plaatsbepaling

Het systeem kent 2 optionele methodes voor de plaatsbepaling van ontladingen:

- Time of Arrival (TOA); hierbij wordt gebruik gemaakt van de tijdsverschillen tussen de ontvangen LF-signalen op de diverse detectiestations;
- Direction Finding: hierbij wordt gebruik gemaakt van de waargenomen hoeken van de ontvangen VHF- signalen op de diverse detectiestations.

Beide methodes worden nader beschreven in par. 5.

Indien twee detectiemasten ongeveer gelijktijdig een signaal registreren, is er grote zekerheid dat het om dezelfde bliksem gaat. Van iedere bliksemontlading wordt door een station met behulp van interferometrie de hoek ten opzichte van het werkelijke noorden bepaald door middel van de VHF lokalisatieantenne op de mast. Door combinatie van de synchrone hoekmetingen van 2 of meer verschillende stations kan een opgetreden ontlading worden gelokaliseerd. Synchronisatie van de stationsgegevens geschiedt met behulp

van de tijdregistraties met de GPS-antennes van de stations. Er wordt eerst een voorlopige locatie bepaald, waarin looptijden nog niet zijn verdisconteerd. Vervolgens worden met behulp van de looptijden de signalen, zoals die door de detectie stations zijn opgevangen, gecorrigeerd. Daarna wordt nogmaals berekend of de waargenomen ontladingen tot dezelfde bliksemontlading hebben behoord. De algoritmen voor de lokalisatie van de ontladingen op basis van de hoekmetingen hebben de volgende, door de geometrie bepaalde, beperkingen:

- de hoek tussen de lijn van het station naar de ontladingsbron en de lijn van deze bron naar het andere betrokken station moet groter zijn dan 15 booggraden en kleiner dan 150 booggraden;
- de afstand van de betrokken stations tot de ontladingsbron moet groter zijn dan 20 km en kleiner dan 250 km.

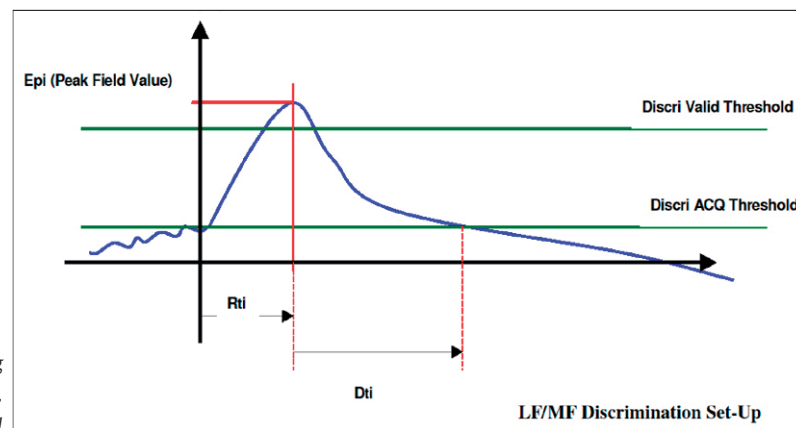
Een derde station moet dan uitkomst bieden.

De plaatsbepaling gebeurt met een hoge tijdsresolutie, zodat achtereenvolgens verschillende lokalisaties van een lang bliksemkanaal worden vastgelegd. In de software worden deze lokalisaties getypeerd in 4 klassen:

- Type 0: Enkele lokalisatie die niet in verband kan worden gebracht met andere lokalisaties.
- Type 1: Startpunt van een ontladingsspoor, het begin van een reeks van met elkaar in verband gebrachte lokalisaties.
- Type 2: Tussentpunt van een ontladingsspoor.
- Type 3: Eindpunt van een ontladingsspoor.

3.1.4 discriminatie


Er zijn in FLITS twee methoden om het onderscheid wolk – wolk ontlading versus wolk – grondontlading te maken



Figuur 6: typische Eveld verandering bij een CG, R_{ti} =stijgtijd, D_{ti} =daaltijd

1) De methode zoals die ook in het SAFIR systeem werd gebruikt

Deze discriminatie methode is gebaseerd op de stijg- en daaltijden van de door de LF sensor gemeten veldsterkte veranderingen. Deze veranderingen treden het sterkst op bij een grondinslag. De daaltijd is hierbij de meest belangrijke parameter. Wanneer er een veldsterkte verandering boven een zekere drempelwaarde wordt gevonden, die minstens doorstijgt tot de validatie drempel, wordt aangenomen dat die verandering is veroorzaakt is door een grondontlading. Uit de op deze golfvorm bepaalde stijgtijd (R_{ti}) en Daaltijd (D_{ti}) is een schatting te maken over de opgetreden stroomsterkte. Een detectiestation dat te dicht bij de ontlading ligt, wordt uitgesloten van de discriminatie en



stroomsterkte bepaling. Ook wordt vastgesteld of het een negatieve dan wel een positieve bliksem was (zie par. 1.2.6).

2) De TOA-methode

In het FLITS-systeem is het ook mogelijk om met de LF-signalen een plaatsbepaling te doen, te weten op basis van looptijdmetingen (TOA). Als zo'n plaatsbepaling succesvol is geweest, wordt daarmee bekend dat het een grondinslag betreft, en is de positie met een grotere nauwkeurigheid te berekenen. De plaatsbepaling voor grondinslagen vindt dus plaats middels de LF-ontvangst, dit is de modus waarin FLITS momenteel werkt. Nadere details staan beschreven in par.5.

3.1.5 stroomsterkte

Met de plaatsbepaling is ook de afstand van de ontlading bekend en kan uit de, op de LF antennes, gemeten signaalamplitude de stroomsterkte van de bliksem worden berekend (zie par.5.4).

3.1.6 nauwkeurigheid systeem

De nauwkeurigheid van de plaatsbepaling wordt voor een belangrijk deel bepaald door de nauwkeurigheid van de hoekmeting vanaf de stations. Een realistische schatting voor systematische en toevallige fouten in de hoekmeting is ± 0.5 booggraden. De hieruit resulterende plaatsnauwkeurigheid wordt weergegeven in figuur 3.

Een andere oorzaak van onnauwkeurigheid in de lokalisering is het traject van het bliksemkanaal. Dit is zelden precies verticaal, zodat de bron van de sterkste radiostraling zich niet precies boven het inslagpunt hoeft te bevinden. Verder is het mogelijk dat de voortplanting van de radiogolven niet precies langs rechte lijnen verloopt. De onnauwkeurigheid zal in het algemeen dus iets groter zijn dan in figuur 3 wordt gesuggereerd.

Door defecten of wegvallende verbindingen in (een deel van) het systeem kan informatie met betrekking tot ontladingen verloren gaan. Gemiddeld blijkt dit een aantal uren per jaar het geval te zijn. Het systeem heeft voldoende capaciteit om ook bij intensief onweer de signaalverwerking te kunnen bijhouden.

Desgewenst kan de gebruiker criteria instellen ten behoeve van het onderscheid tussen verticale en horizontale ontladingen of het verwerpen van signalen beneden een bepaalde drempelwaarde, bv. 10000 A. De optie 100 % detectie maakt namelijk de kans groot dat valse alarms door storingen worden gegenereerd (andere ontladingen dan bliksemontladingen, bijv. in energiecentrales, of bliksemontladingen elders, dwz ver van Nederland). Valse alarms komen bij FLITS overigens nauwelijks voor.

Vergelijking met de in de Nederlandse Norm NEN-1014 gepubliceerde parameters (NNI, 1992, ref. 7) toont een redelijke overeenstemming voor de stijgsnelheid en de stroom, althans voor de negatieve inslagen.

3.2 Data uitvoer

3.2.1 bliksemdata in HDF5 formaat

De lokalisatie- en discriminatiedata die door het KNMI bliksemdetectiesysteem worden geproduceerd worden op het systeem geaccumuleerd over 1 minuut, 5 minuten, en 24 uur en opgeslagen in KNMI-HDF5 bestanden. De inhoud van de bestanden staat beschreven in het interne rapport van Rooze-



krans en Holleman: ref.21, ihb par. 5.8 Discharge group. Voor alle waargenomen ontladingen bevat het HDF5 bestand:

1. Tijdstip
2. Lengtegraad en breedtegraad
3. Nauwkeurigheid van lokalisatie
4. Discriminatie/Typering: wolk-wolk of wolk-grond ontlading

Indien het een wolk-grond ontlading (inslag) betreft bevat het bestand ook nog:

5. Stijg- en daaltijd
6. Stroomsterkte

Bovendien bevatten de HDF5 bestanden informatie over de status van de verschillende detectie stations op een 1-minuut basis.

Zie ook par. 1.3.

3.2.2 FLITS-beeldproduct en opslag beelddata in HDF5 formaat

Bij de definitie van het real-time FLITS beeldproduct is in de eerste plaats rekening gehouden met de waarschuwingfunctie van het bliksem detectiesysteem. Elke waargenomen horizontale of verticale ontlading moet zichtbaar zijn in het beeldproduct. Daarom is gekozen voor een accumulatie product, waarbij per beeldpunt alle waargenomen ontladingen worden geteld. Informatie over stroomsterkte en -richting is niet essentieel voor de waarschuwingfunctie, bovendien is deze informatie niet betrouwbaar voor individuele ontladingen. Voor horizontale ontladingen is in principe het ontladingsspoor in ruimte en tijd beschikbaar, maar dit spoor is grotendeels onbruikbaar door de lokalisatie onnauwkeurigheid van het FLITS systeem. In het real-time FLITS beeldproduct worden de horizontale ontladingen daarom gepresenteerd als één totale ontlading in het midden van het spoor. Het midden van het ontladingsspoor wordt bepaald door middeling van de uiterste punten van het horizontale ontladingsspoor. Op deze manier is de telling van horizontale en verticale ontladingen in het beeldproduct gelijkwaardig.

Om de combinatie van radar neerslagbeelden en de gedetecteerde ontladingen zo eenvoudig mogelijk te maken, zijn de geografische projectie en uitsnede van het FLITS beeldproduct identiek gekozen aan die van de radarproducten van het KNMI. Het toeval wil dat de grootte van de beeldpunten in het radarbeeld, 2,5 bij 2,5 km, heel goed past bij de lokalisatienauwkeurigheid van het FLITS systeem. Het weergeven van de lokalisatiegegevens op hetzelfde rooster als de radarproducten leidt dus niet tot noemenswaardig verlies in lokalisatienauwkeurigheid.

Het KNMI HDF5 beeldformaat zoals dit is gedefinieerd voor Omnivoorbeelden (Roozekrans and Holleman, 2003; ref.21) biedt de mogelijkheid om meerdere beelden met dezelfde geografische projectie en uitsnede op te slaan in één HDF5 bestand. In het FLITS beeldproduct wordt gebruik gemaakt van deze mogelijkheid door in één bestand twee accumulatiebeelden op te slaan: één met alle waargenomen ontladingen en één met alle waargenomen verticale ontladingen (inslagen).

{Zie ook: I. Holleman, SAFIR beeldproduct voor real-time gebruik, KNMI IR 2002-03, 2002: ref.12}

3.2.3 dataverwerking elektrische ontladingen ten behoeve van weercode

Ten behoeve van de automatisch te genereren weercode in de 10' AWS-data, SYNOP, KLIM en METAR (zie hoofdstuk 14 van dit Handboek) dient de volgende informatie met betrekking tot onweer beschikbaar te zijn:

- Detectie van (horizontale c.q. verticale) bliksemontladingen in een schil tussen 15 tot 20 km rondom iedere operationele KNMI Present Weather-sensor;
- Detectie van (horizontale c.q. verticale) bliksemontladingen binnen een straal van 15 km rondom iedere operationele KNMI Present Weather-sensor; vaststelling of er sprake is van minder dan 1 ontlading per seconde (impliceert licht of matig onweer), dan wel 1 of meerdere ontladingen per seconde (impliceert zwaar onweer).

Uit de 5'-bestanden wordt iedere 10 minuten voor alle betrokken meteorologische stations in Nederland het aantal ontladingen berekend binnen de gebieden begrensd door de 2 stralen van 15 km resp. 20 km rondom het betreffende station. Indien het juiste bestand niet aanwezig is, zal een foutmelding worden gegenereerd en het aantal ontladingen op -1 worden gezet met kwaliteit 1. Indien maar één van de twee 5-minuut bestanden aanwezig is, zal, indien op of nabij het station ontladingen hebben plaatsgevonden, dit aantal toch worden gemeld maar met kwaliteit 5. Zijn in het ene beschikbare bestand geen ontladingen waargenomen op of nabij het station dan wordt dit aantal op -1 gezet met kwaliteit 1. Indien het bestand (met de juiste aanmaaktijd) leeg is, hebben er geen ontladingen plaatsgevonden en wordt het aantal ontladingen op 0 gezet met kwaliteit 10.

{RIS-algoritmen, Versie 3.0, ihb par. A8 Safir, W.Wauben, KNMI INSA-IO, KNMI, De Bilt, 2001; ref. 11};

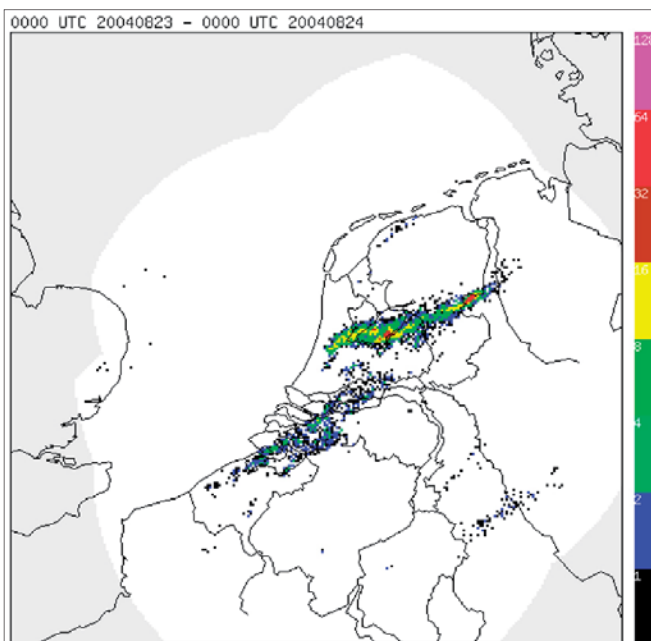
Nota Bene:

Bij de omzetting van HDF5 data naar de 10 minuten database CIBIL vindt filtering plaats. Er zijn twee filters ingebouwd om valse meldingen van het bliksem detectie systeem te verminderen:

- Het niet meetellen van "losse" ontladingen. Dit wordt gestuurd door FLITS_SINGLEP_FILTER=ON|OFF: waarde moet ON zijn;
- Het tellen van de "overall" bliksem activiteit over het gebied dat FLITS beslaat. Dit wordt gestuurd door FLITS_ACTIVITY_COUNT=0..1000 De waarde is nu 2.

Zie ook *LIGHTNING HDF data to CIBIL LDU_CIB3R3.doc 17 dec 2003 beekhuis*, ref. 17.

3.2.4 datagebruik



Figuur 7. Het totaal aantal ontladingen gepresenteerd door FLITS gedurende 23 augustus 2004. Merk op dat deze buien een aantal zeer actieve momenten hebben gekend http://info.knmi.nl/~holleman/data/LGT_NL21_LAP_24H//2004/08/200408240000.png

Het systeem genereert data ten behoeve van visualisatie en opslag/ archivering:

De volgende functionaliteiten zijn van toepassing:

- Regionale informatie over bliksems wordt toegevoegd aan radar-neerslag-beelden, zodat alle betrokken gebruikers de actuele beelden kunnen zien, die tonen waar de buien zitten en welke buien met onweer gepaard gaan. In het door de KNMI-sector WA onderhouden Bliksem en Radar Animate Scherm BRAS zijn zowel de radarbeelden als de bliksem gegevens ook afzonderlijk te bekijken. Daarnaast toont BRAS ook producten als Zomerhagel en Echotop hoogtekaarten.
- De meetdata is geïmplementeerd in de weercode generator tbv het automatisch bepalen van de weercode in de 10'AWS-data, SYNOP, KLIM en METAR (zie hoofdstuk 14 van dit Handboek).
- De bliksemgegevens worden door WM/OD beschikbaar gesteld aan WM/KD ten behoeve van archivering in een historisch bestand. WM/KD gebruikt deze gegevens onder meer om schade meldingen te verifiëren en ten behoeve van het maandelijks overzicht van het weer MOW. Om de toegankelijkheid van de HDF5 bestanden te verbeteren, is er een programma beschikbaar dat een bliksem HDF5 file kan uitlezen en kan omzetten naar op tekst gebaseerde tabellen. Dit programma heet "hdf2dis" en is beschikbaar op het windows- en unix-platform. Zie verder ref. 17.

3.3 onderhoud- en calibratieprocedures

3.3.1. procedures

FLITS is een van de BIK componenten (beelden satelliet, radar, bliksem). Voor al deze componenten is een overkoepelende beheerregeling opgesteld die actueel wordt gehouden door WM/OD.

{Zie: *Beheerregeling BIK versie 3.1*, ref.18}.

In deze beheerregeling zijn de taken van de betrokken afdelingen nauwkeurig vastgelegd. Zie ook hoofdstuk 4.

In hoofdlijnen geldt:

1. De computer hardware/OS is in beheer bij MI/WTB,
2. Het functioneel beheer met betrekking tot de datadistributie ligt bij WM/OD,
3. Het applicatie beheer ligt bij MI/IO,
4. Het technisch beheer van de meetmasten ligt bij MI//MSB.

Het technisch beheer heeft taken die betrekking hebben op het onderhoud van de meetmasten. In die zin heeft het onderhoud invloed op de kwaliteit van de metingen.

Dit wordt afgedekt door de volgende iso-procedures.

- a) Beheersprocedure preventief onderhoud
(<http://info.knmi.nl/mi-insa/iso/iso223.pdf>)
- b) Beheersprocedure correctief onderhoud
(<http://info.knmi.nl/mi-insa/iso/iso224.pdf>)
- c) Naar de gebruikers toe is de aanwezigheidsprestatie van het bliksem-detectiesysteem vastgelegd in: SLA Operationele systemen: toepassingsgebied: bliksemdetectie systeem (Ref.19)

3.3.2 onderhoudschema

Door MI/MSB wordt een aantal belangrijke zaken uitgevoerd:

- a) Controle van de meetmasten onsite;
- b) Analyse van de data op interne consistentie en het vaststellen van de optimale configuratie.

a. Controle van de meetmasten onsite

Tweemaal per jaar worden de meetmasten gecontroleerd door MI/MSB. Deze controles vinden bij voorkeur plaats in de maand mei (vlak voor het bliksemseizoen) en in de maand september/oktober. De controle in mei is een uitgebreide test op de technische toestand van het station, terwijl in het najaar een korte inspectie op het programma staat.

Als er reden bestaat de mast te strijken, wordt op de luchtmachtbases assistentie verleend door medewerkers van de basis (de "mastenploeg").

De volgende checklist is van toepassing bij de controle van een detectiestation: {<C> is controle, met afvinken op onderhoudstaat, <M> staat voor meting met vastleggen van resultaten}

Inspectie mechanische opstelling (mei oktober)

1. Controle of tuien op spanning staan. Idem of de mast loodrecht staat <C>
2. Kasten controleren op sporen van vervuiling of condens, eventueel reinigen <C>

Controle antenne array d.m.v. staande golftester

1. Noteren van de staande golf verhouding voor elke dipool afzonderlijk <M>
2. Bij gevonden afwijkingen of twijfel wordt de mast gestreken en het array geïnspecteerd en gerepareerd.

Controle elektronica


1. Controle voedingsspanningen <C>
2. Spanning safeguard battery <M>
3. Verwarmings systeem, deur schakelaar
4. Interferometrische ontvanger + test van de antennes (jaarlijks)
5. Detection level van de LF sensoren <C>
6. Controle calibratie
 - noordrichting <M>
 - hoekcontrole test uitvoeren <M>

{benodigde hardware: SMA-kabels+splitter, voltmeter-scoop, calibratie generator; benodigde software: SAFZAP}

b. Analyse van de bliksemdata

Elk kwartaal wordt er een analyse gemaakt van de kwaliteit van het bliksemdetectie systeem. Deze tests worden verricht door MI/MSB. De tests worden uitgevoerd op de ruwe data die het systeem op disk bewaart. De onderstaande tests worden uitgevoerd en in een rapport vastgelegd. De rapporten geven een overzicht per maand van de volgende punten:

- a. VHF-systeem: Analyse van ruwe data met betrekking tot de azimut en amplitude verdeling. Doel van deze test is het bepalen van (periodieke) externe storing door radiostations e.d. en het krijgen van een beeld van het storingsniveau in de omgeving van de meetmast.
- b. VHF-systeem: Analyse van de lokalisaties van de ontladingen. Doel van de test is een inzicht te krijgen in de lokalisatie nauwkeurigheid door inspectie van de error-driehoeken.
- c. VHF-systeem: Het bepalen van de noord-correctie door middel van de coherentie test. Uit de lokalisatie wordt een nieuwe waarde van de noord-correctie bepaald.

- 
- d. VHF-systeem: bepalen van de detectie capaciteit. Uit een analyse van de detectie per sensor-paar is een uitspraak te doen over de detectie efficiëntie.
 - e. Ruimtelijke verdeling van alle ontladingen over het detectie gebied. Controle of de verdeling van ontladingen over Nederland en België artefacten vertoont.
 - f. LF-Systeem: Stroomverdeling van de verticale ontladingen. Hieruit blijkt of de distributie van de gemeten stroomsterkten de voor bliksem activiteit normale verdeling heeft. Afwijkingen zijn een indicatie voor fouten in de opstelling of apparatuur.
 - g. Bepalen van de acquisitie statistiek van de stijg- en daaltijden. Uit de statistiek op stijg- en daaltijden is de omgevingsinvloed van gevoeligheid van de LF ontvanger te bepalen.
 - h. Ruimtelijke verdeling van alle CG-ontladingen over het detectie gebied: controle of de verdeling van wolk-grond ontladingen over Nederland en België artefacten vertoont.

4. Procedures

4.1 procedures bij uitval automatische waarnemingen

De berichtgeving (SYNOP/KLIM/METAR) vereist in principe de 100% beschikbaarheid van bliksemdata (vgl. operationele eisen, ihb par. 2.5 van dit hoofdstuk). De afdeling WM/KD heeft in het geval van expertadvisering inzake voorgevallen bliksemincidenten eveneens een 100% databeschikbaarheid. Deze vereisten impliceren een permanente operationele beschikbaarheid van het detectiesysteem, inclusief datatransportsysteem.

FLITS is één van de BIK-componenten (beelden satelliet, radar, bliksem). Voor al deze componenten is een overkoepelende beheerregeling opgesteld die actueel wordt gehouden door WM/OD (Zie: *Beheerregeling BIK versie 3.1*, ref 18). In deze beheerregeling zijn de taken van de betrokken afdelingen nauwkeurig vastgelegd (zie 3.3.1).

Ten behoeve van de procesbewaker is er voor alle BIK componenten een storingshandleiding opgesteld. Zie

<http://info.knmi.nl/%7Ebinnendi/BIK%20Storingsprocedure/Bliksem/Storingshandleiding%20FLITS.htm>

4.2 procedures voor achteraf validatie

Er vindt automatische validatie plaats van de bliksemgegevens, verdachte ontladingen worden overeenkomstig “gelabeld”. De afdeling WM/OD/BWS stelt de gevalideerde gegevens, alsmede de statusgegevens van het bliksemdetectiesysteem beschikbaar voor WM/KD.

De bestanden met gevalideerde bliksemgegevens worden dagelijks in de directory `\Od\Bliksem\Gevalideerd` van de machine `bcsao2` klaargezet. Het bestand met gevalideerde bliksemgegevens heeft (bijvoorbeeld) als naamgeving `040911.FLT` waarbij `040911` staat voor het jaar, de maand en de dag waarop de gegevens betrekking hebben. In dit voorbeeld 11 september 2004.

Tevens worden dagelijks de bestanden met statusgegevens van het detectiesysteem in de directory `\Od\Bliksem>Status` van bovengenoemde machine klaargezet. Het bestand met statusgegevens heeft (bijvoorbeeld) als naamgeving `STAT0409.11` waarbij `0409.11` staat voor het jaar, de maand en de dag waarop de gegevens betrekking hebben. In dit voorbeeld 11 september 2004. In het bestand is per station het aantal seconden beschikbaarheid over het etmaal aangegeven. Vervolgens is per minuut vermeld wat per antenne de beschikbaarheid was over de afgelopen minuut.

De statusberichten zijn te vinden op de website van BWS, zie:


<http://info.knmi.nl/wm-od/od-bws/nl/bws.htm>

Het gehele proces wordt in detail beschreven in “Productieproces FLITS” van Bert Bergman, zie:

http://info.knmi.nl/wm-od/od-bws/nl/productieprocessen/onweer/flits_handleiding.htm

4.3 procedures voor inspectie

De 4 bliksemdetectie masten in Nederland zijn alle gesitueerd op of zeer nabij een meteorologisch meetstation van het KNMI c.q. de krijgsmacht (Klu, Kon.



Mar.): *De Kooy, Valkenburg, Deelen, Hoogeveen*. Genoemde stations worden, evenals alle andere operationele meetstations van het KNMI, gemiddeld 2 maal per jaar geïnspecteerd door een stationsinspecteur van WM/OD/BWS. De betrokken functionaris beoordeelt in het kader van het inspectiebezoek of de meetomstandigheden van de bliksemmast aan de gestelde condities voldoen (vgl. par.6). Indien dit niet het geval is, kwalificeert de inspecteur de betreffende locatie voor wat betreft bliksemdetectie met onmiddellijke ingang als onvoldoende. Afhankelijk van de situatie beoordeelt de stationsinspecteur welke correctieve acties ondernomen dienen te worden om een en ander te herstellen conform de operationele eisen. De acties kunnen variëren van een opdracht c.q. verzoek aan de beheerder van het betreffende terrein tot aanpassing van de terreinsituatie tot de start van een procedure om een nieuw terrein te zoeken. Bij defecten aan de meetopstelling wordt een opdracht voor herstel aan de afdeling MI/MSB gestuurd. Van alle inspectiebezoeken wordt een rapport opgesteld door de stationsinspecteur. Dit rapport wordt in het Stations Administratie en Informatie Systeem (SAIS) opgeslagen. Een notificatie van het beschikbaar komen van het rapport wordt per e-mail verspreid.

5. Herleiding van parameters: dataherleiding van lokalisaties en discriminaties

5.1 waarnemen van bliksemontladingen met radiofrequente golven

Voor het automatisch waarnemen van bliksemontladingen en inslagen worden over het algemeen radiofrequente golven in het "(Very) Low Frequency (VLF/ LF)" gebied en/of in het "Very High Frequency (VHF)" gebied gebruikt. Het waarnemen van de bliksemontladingen gebeurt via passieve remote sensing, dat wil zeggen dat er géén radiofrequente golven worden uitgezonden maar dat er wordt "geluisterd" naar radiofrequente golven die door de bliksemontladingen worden geproduceerd. Het bereik, de selectiviteit, de lokalisatiemethode zijn afhankelijk van de gebruikte frequentieband (Cummins, 2000, ref. 20).

a. (Very) Low Frequency

De frequenties in de VLF/ LF band liggen ruwweg tussen de 100 Hz en 4 MHz. Door refractie in de atmosfeer en reflectie tegen de ionosfeer propageren de VLF en LF signalen over zeer grote afstanden langs het aardoppervlak. Deze frequentiebanden worden al sinds lange tijd gebruikt om blikseminslagen te detecteren, maar ze zijn echter niet geschikt om wolk-wolk ontladingen te detecteren. Wolk-wolk ontladingen produceren door de geringe stroomsterkte veel minder VLF/LF straling dan blikseminslagen (wolk-grond).

Conclusie: De VLF en LF frequentiebanden zijn uitermate geschikt om te discrimineren tussen wolk-wolk en wolk-grond ontladingen.

b. Very High Frequency

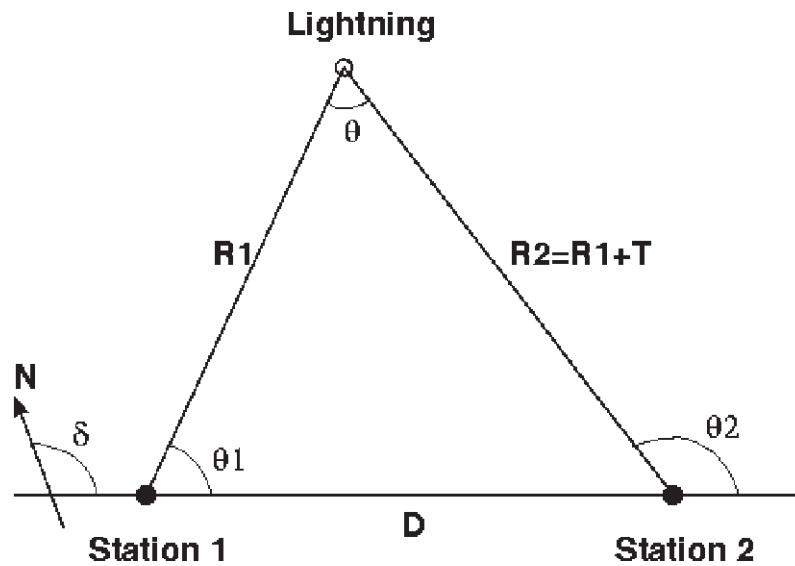
De frequenties in de VHF band liggen grofweg tussen de 30 en 300 MHz. Doordat de VHF straling zich bij benadering in rechte lijnen voorplant, kunnen ontladingsbronnen in 3-dimensies worden gelokaliseerd, maar het bereik van detectiesystemen op basis van VHF banden is hierdoor wel geringer. Wolk-wolk en wolk-grond ontladingen produceren vergelijkbare hoeveelheden VHF straling.

Conclusie: De VHF-frequentieband is uitermate geschikt voor het waarnemen van de totale hoeveelheid bliksemontladingen.

5.2 lokalisatie van bliksemontladingen en inslagen

Voor het lokaliseren van bliksemontladingen en inslagen is een netwerk van stations (=antennes) benodigd. Er zijn twee verschillende manieren om ontladingen te lokaliseren met een netwerk van waarneemstations: "Time-Of-Arrival (TOA)" of "Direction Finding (based on Interferometry)". Het KNMI bliksemdetectiesysteem FLITS van Dimensions (Vaisala Inc.) kan beide methodes toepassen. De principes van de beide lokalisatiemethodes worden toegelicht aan de hand van figuur 8, waarin de geometrie voor twee detectiestations schematisch is weergegeven. De formules voor lokalisatie zijn gebaseerd op een plat vlak situatie. In werkelijkheid zal echter rekening gehouden moeten worden met de ellipsoïde vorm van de aarde, wat de vergelijkingen een stuk gecompliceerder maakt. In figuur 8 zijn twee waarneemstations (1 en 2) op een afstand D weergegeven. De verbindinglijn tussen deze stations maakt een hoek δ met het noorden (N). De afstanden van de ontlading (Lightning) tot de beide waarneemstations zijn respectievelijk R_1 en R_2 . De hoeken tussen de waarneemrichting van de ontlading en de verbindingas tussen de twee stations zijn θ_1 en θ_2 .

Figuur 8 Schematisch overzicht van de geometrie voor de lokalisatie van een ontlading met twee detectiestations.



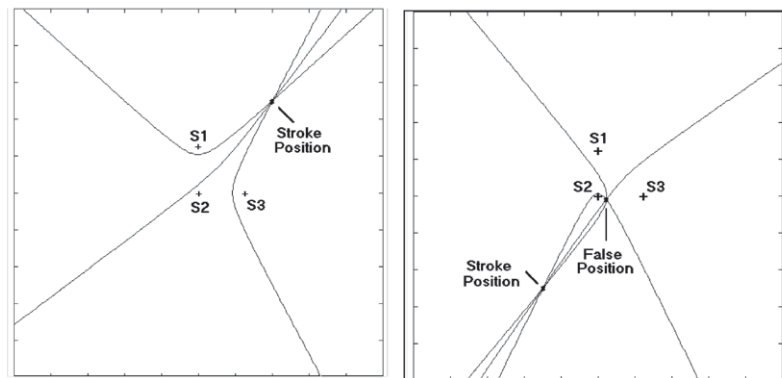
a. Lokalisatie met Time-of-Arrival

De Time-of-Arrival (TOA) methode voor het lokaliseren van blikseminslagen maakt gebruik van de tijdsverschillen in de waargenomen radiofrequente signalen voor verschillende detectiestations. In figuur 8 is het tijdsverschil (\times de lichtsnelheid) voor een ontlading, waargenomen door de twee stations, aangegeven met T . Met behulp van de cosinusregel volgt dan voor de afstand van de inslag tot het eerste detectiestation:

$$R_1(\theta_1) = (D^2 - T^2) / [2T (1 + (D/T) \cos(\theta_1))] \equiv r_0 (1+e) / (1+e \cos(\theta_1))$$

{ met $r_0 = (D - T)/2$, $e = D/T$ }

Hierbij geldt dat het tijdsverschil T nooit groter kan zijn dan de afstand tussen de stations D en dus geldt dat $e = D/T > 1$. Hieruit volgt dat de oplossingsfunctie $R_1(\theta_1)$ wordt beschreven door een hyperbool. Derhalve leveren de TOA waarnemingen van twee detectiestations geen eenduidige lokalisatie op. Er zijn dus waarnemingen en dus hyperbolen van meer stationsparen nodig voor een eenduidige lokalisatie van de bliksemontlading. Uit de voorbeelden in figuur 9 blijkt dat zelfs bij gebruik van 3 stations niet in alle gevallen een eenduidige lokalisatie mogelijk is. Er zijn minimaal 4 waarneemstations nodig voor een lokalisatie van bliksemontladingen met de TOA methode. Het KNMI bliksemdetectiesysteem (FLITS) biedt de mogelijkheid om de TOA lokalisatie methode toe te passen op de ontvangen LF signalen (uit de 4 MHz discriminatie antennes).



Figuur 9 Links: een eenduidige Time-Of-Arrival lokalisatie met 3 waarneemstations en rechts een niet-eenduidige lokalisatie. (Figuur uit Cummins (2000), ref.20)

Conclusie: Vanwege de gebruikte frequentieband (LF -> 4 MHz) worden met behulp van de TOA-methode alleen blikseminslagen (wolk-grond) gelokaliseerd.

b. Lokalisatie met Direction Finding based on Interferometry

De Direction Finding based on Interferometry methode voor het lokaliseren van bliksemontladingen maakt gebruik van de waargenomen hoeken van de ontvangen radiofrequente signalen voor verschillende detectiestations. In figuur 8 zijn de waargenomen hoeken voor de 2 stations aangegeven met θ_1 en θ_2 . Normaal gesproken bepalen de detectiestations de hoek van de ontvangen straling ten opzichte van het noorden, de azimut. Het verband tussen de hoek met de verbindinglijn tussen de 2 stations en de azimut α is:

$$\theta_1 = \delta - \alpha_1 \quad (\text{idem } \theta_2 = \delta - \alpha_2)$$

(δ = de hoek tussen de verbindinglijn tussen de 2 stations met het noorden)

Met behulp van de sinusregel volgt dan voor de afstand van de ontlading tot het eerste detectiestation (R_1):

$$R_1 = D \sin(\theta_2) / \sin(\theta) = D \sin(\theta_2) / \sin(\theta_2 - \theta_1)$$

(D = de afstand tussen de 2 waarnemstations)

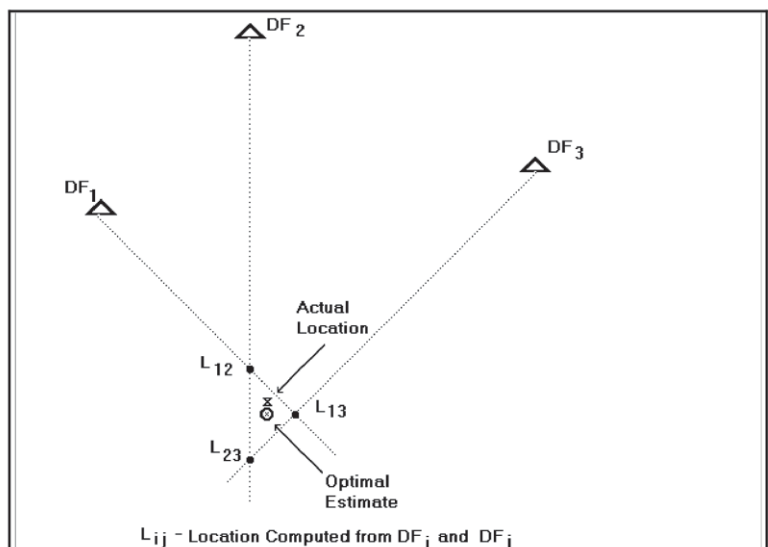
Over het algemeen geven de hoekwaarnemingen van 2 detectiestations een eenduidige lokalisatie van de bliksemontlading, maar als $\sin(\theta) \approx 0$ is er geen eenduidige oplossing. Dit is het geval wanneer de bliksemontlading zich op zeer grote afstand c.q. op of in de buurt van de verbindinglijn tussen de 2 stations bevindt. In dit laatste geval moet de waarneming van een derde station uitkomst bieden.

In figuur 10 is nog een ander voordeel van het gebruik van 3 detectiestations grafisch weergegeven, namelijk voor een inschatting van de nauwkeurigheid van de lokalisatie met behulp van de Direction Finding methode.

Het KNMI bliksemdetectiesysteem (FLITS) biedt de mogelijkheid om de Direction Finding lokalisatie methode toe te passen op de ontvangen VHF signalen (uit de 110 MHz lokalisatie antennes). De hoeken worden bepaald met behulp van interferometrie.

Conclusie: Vanwege de gebruikte frequentieband (VHF -> 110 MHz) worden met behulp van de Direction Finding -methode alle blikseminslagen gelokaliseerd, echter zonder discriminatie tussen wolk - grond ontladingen en wolk -wolk ontladingen.

Figuur 10 Lokalisatie van bliksemontladingen met de Direction Finding methode voor 3 waarnemstations. Dit geeft de mogelijkheid om de nauwkeurigheid te schatten. (Figuur uit Cummins (2000), ref.20)



5.3 discriminatie van bliksemontladingen en inslagen

Discriminatie tussen wolk-wolk ontladingen en wolk-grond ontladingen (blikseminslagen) is mogelijk omdat het ontvangen VLF/LF signaal vrijwel uitsluitend wolk –grond ontladingen detecteert, terwijl het ontvangen VHF signaal alle typen ontladingen geeft.

Er zijn twee verschillende manieren om typen ontladingen te discrimineren met behulp van het netwerk van waarnemstations:

- selectie van ontladingen met behulp van “Time-Of-Arrival (TOA)” methode (zie boven),
- op basis van de gemeten stijg- en daaltijden van het VLF/LF signaal.

a. Time-Of-Arrival (TOA)

Waargenomen ontladingen worden als een blikseminslag geclassificeerd als de lokalisatie met behulp van TOA methode succesvol is. (zie 5.2.a). Dat wil zeggen dat een (bijna gelijktijdig) VLF/LF signaal op tenminste 4 detectiestations moet zijn waargenomen voordat een ontlading als een inslag wordt geclassificeerd.

b. Stijg- en daaltijden

Waargenomen ontladingen worden als een blikseminslag geclassificeerd als de stijg- en daaltijden van de waargenomen VLF/LF signalen op een aantal stations binnen een bepaalde bandbreedte vallen. Het aantal stations waarvoor de waargenomen stijg- en daaltijden binnen de bandbreedte moeten vallen is instelbaar van minimaal 2 tot maximaal het aantal beschikbare stations (7 voor KNMI).

{Cummins ea. 2000, ref.20}

5.4 afleiding van de stroomsterkte

De stroomsterkte van de bliksemontlading kan worden bepaald uit de elektrische veldsterkte van het waargenomen VLF/LF signaal. Er is namelijk een direct verband tussen de elektrische veldsterkte (of vermogen) van de opgewekte radiofrequente straling en de stroomsterkte tijdens de bliksemontlading. De bliksemontlading is eigenlijk een soort dipoolantenne waardoor een sterke wisselstroom loopt. Voor de elektrische veldsterkte E loodrecht op een dipoolantenne geldt theoretisch (zie I.S. Grant and W.R. Phillips, Electromagnetism, p436-437):

$$E \propto I_0 / R$$

waarbij I_0 de stroomsterkte door de dipoolantenne is en R de afstand tot de antenne. Als de afstand tot de ontlading bekend is door de lokalisatie, kan de maximale stroomsterkte dus bepaald worden uit de waargenomen (maximale) elektrische veldsterkte. In het bliksemdetectie systeem wordt de volgende semi-empirische relatie gebruikt:

$$I_0[\text{kA}] = E[\text{V/m}] R[\text{m}]^b / a$$

waarbij a en b constanten zijn die gelijk zijn aan 58098 en 1.137. De constante b is groter dan 1 om de afgeleide stroomsterkte te corrigeren voor de verzwakking van de VLF/LF straling in de atmosfeer.

6. Opstellingseisen en omgevingscondities

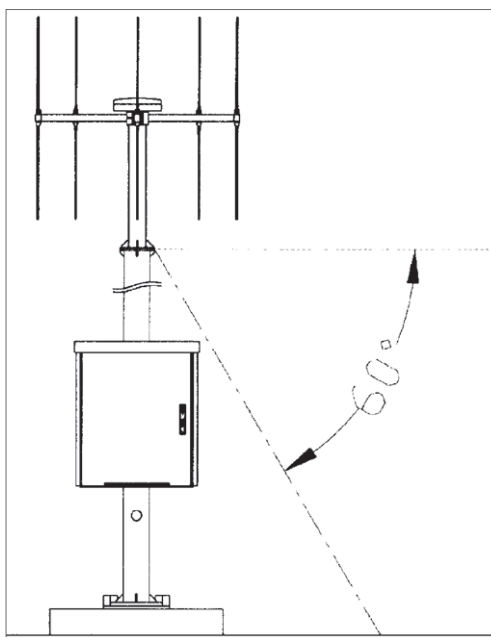
6.1 opstellingseisen en -voorzieningen

Het station bestaat uit een mast, met op de top gemonteerd de lokalisatie antenne set, de discriminatie sensor en de GPS-antenne. Aan de voet van de mast bevindt zich de kast met elektronica. De mast plus antennes (incl. dipolen) zijn 16,4 meter hoog. Dit is de optimale hoogte voor het verkrijgen van de beste signaal-ruis verhouding. De mast wordt op zijn plaats gehouden door middel van een dubbele set van 4 tuidraden. Deze draden zijn verankerd in 4 betonblokken op de hoekpunten van een vierkant van 10 m². De mast zelf is ook gemonteerd op een betonblok. De gehele constructie (mast, antennes, tuidraden) weegt iets minder dan 170 kg. Onder aan de mast zit een draaipunt die het mogelijk maakt de mast (met een handrad) bij voorkomende gevallen neer te laten. De elektronikakast bevat onder meer de stroomvoeding en de modem. Het volume van de kast is 760 x 890 x 460 mm, het gewicht ongeveer 70 kg.

Uit veiligheidsoverwegingen dient de mast in een goed afgescheiden gebied geplaatst te zijn.

6.2 condities m.b.t. omgeving en meetlocatie, c.q. representativiteit waarnemingen

De locatie moet uitzicht bieden op een vrije 360 graden horizon rondom het systeem. Binnen een straal van 100 meter rond de mast mogen zich geen geleidende objecten bevinden, in het bijzonder bouwwerken met metalen daken of metalen hekken. Eveneens binnen deze straal van 100 meter mogen zich geen objecten (gebouwen, installaties enz.) bevinden die uitrijzen boven de antennes. In de zone met een straal van 10 meter rondom de mast mogen zich geen objecten (gebouwen, installaties enz.) bevinden die het kegelvlak met de top van de mast als bovenpunt en een tophoek van 60 graden doorprikken (zie figuur 11).

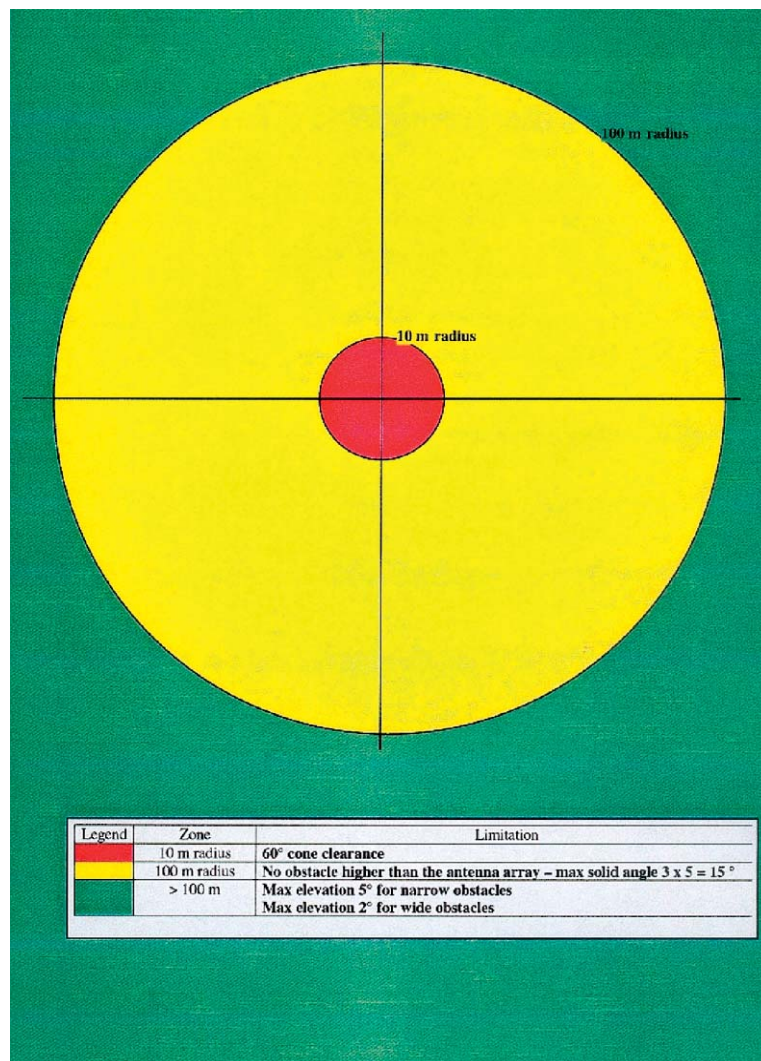


Figuur 11. Obstakelvrije ruimte binnen 10 meter van de mast (figuur uit ref. 22)

Er mogen zich in de buurt van de antennes geen uitstekende voorwerpen zoals bliksemgeleiders e.d. bevinden in verband met het eventueel optreden van vonken die de detectie kunnen verstoren.

Binnen een straal van 100 meter rondom de bliksemdetectiemast zijn alleen incidentele obstakels getolereerd die, bekeken vanuit de top van de mast, een horizontvlak hebben van maximaal 15 booggraden². Voorbeeld: een gebouw op 90 meter afstand met breedtehoek = 5 booggraden en hoogtehoek = 3 booggraden is dus net acceptabel.

Buiten een straal van 100 meter rondom de bliksemdetectiemast zijn alleen obstakels (gebouwen, heuvels) getolereerd waarvan de maximale hoogtehoek, bekeken vanuit de top van de mast, minder is dan 2 booggraden in het geval van brede objecten en 3 tot 5 booggraden bij smalle objecten.



Figuur 12. Obstakelvoorschriften voor het gebied rondom de detectiemast (figuur uit ref. 22)

6.3 condities mbt electromagnetische omgeving

Bij het zoeken van een geschikte plek voor de mast zal grondig onderzocht moeten worden in hoeverre er in de omgeving storingsbronnen zijn, welke signalen met frequenties uitzenden die het systeem onterecht als bliksem sig-



nen zou kunnen interpreteren. In dit verband kunnen genoemd worden:

- radio- en navigatieverkeer vliegtuigen, schepen, e.a.
- zenders radioamateurs
- zendmasten mobiele telefoon, mobiel internetverkeer (UMTS)¹ e.d.
- schakelinstallaties bij centrales, hoogspanningskabels, elektriciteitskasten, e.d.
- motoren van vliegtuigen, auto's etc.

De VHF-band is gekozen tussen 110 en 118 MHz. Dit frequentiegebied is wereldwijd gereserveerd voor navigatie apparatuur in de luchtvaart en derhalve goed controlebaar. Zenders in dit verband (vgl VOR en ILS-apparatuur)² zijn in het algemeen goed identificeerbaar. Hiermee kan dus rekening worden gehouden bij het zoeken van een locatie en het selecteren van de geschikte frequentieband voor bliksemdetectie. Het bliksemstation vereist voor een goed operationeel functioneren een bandbreedte van 2 MHz die vrij is van storende zendapparaten en die een zeer lage achtergrondruis heeft. Voor het vaststellen van de validiteit van de site is dit een cruciale voorwaarde.

De LF-sensoren opereren in het gebied van 100 Hz – 4 MHz . Spectrum analyse moet aantonen in hoeverre er storende zendapparatuur in de omgeving is. Ieder ontvangen signaal in het onderhavige gebied van dergelijke apparatuur kan door het detectiesysteem worden geaccepteerd. Derhalve moet vermeden worden dat de bliksemmast binnen de storende invloedssfeer van een krachtige VLF-zender wordt geplaatst.

Voorafgaand aan de installatie c.q. bij verplaatsing van het detectiestation zal een dergelijk frequentieonderzoek worden uitgevoerd. De RijksDienst voor Radiocommunicatie RDD heeft dit gedaan voorafgaand aan de vestiging van elk detectiestation. Het gaat hierbij dus om een controle met betrekking tot storende frequenties (zie ref.22). Via regelmatige data-analyse en validatie kunnen storingen eveneens aan het licht worden gebracht (zie par 3.3 en 4.2). OD/BWS beveelt aan om per detectiestation iedere 4 jaar een uitgebreid frequentieonderzoek te doen c.q. tussentijds indien de validatie van data daartoe aanleiding geeft.

{zie: *Specifications of site selection for SAFIR Detection Station, specifications manual SAFIR 3000-R3, spec.install. Version 3.3, Vaisala SA, december 2002: ref.22*}

(Footnotes)

¹ UMTS: Universal Mobile Telecommunication System

² ILS: Instrument Landing System, VOR: VHF Omni-Range

Referenties

1. Luchtelectriciteit en onweer, H.R.A.Wessels, KNMI, De Bilt, gepubliceerd in: Zenit, 17, 1990, blz.258-264;
2. Het Internationale Stelsel van Eenheden (SI), Nederlands Meetinstituut NMI, Delft, 1994;
3. Handboek Meteorologische Codes, versie 7.0, P.IJ.de Vries, 2003;
4. Bliksemdetectie met het KNMI-KLU netwerk, H.R.A.Wessels, KNMI, De Bilt, {referentie: <http://www.knmi.nl/voorl/nader/blkunt.htm>}
5. H.R.A.Wessels, 1977, A network of lightning counters in the Netherlands, KNMI Scientific Report 77-6;
6. M.J.G.Janssen, 1989, The LPATS III system in The Netherlands; critical evaluation of the results. Proceedings of the International Conference on Lightning and Static Electricity, Bath (UK);
7. NNI, 1992, Bliksembeveiliging/Protection against lightning. Nederlands Normalisatie Instituut. NEN 1014;
8. H.R.A.Wessels, 1998, Evaluation of a radio interferometry lightning positioning system. KNMI Scientific Report 98-04;
9. Calibratieprocedures van het KNMI-IJklaboratorium volgens ISO-9001, A. van Londen, Insa/IO, KNMI, De Bilt, 1994.
10. KNMI Catalogus; DL/OBS/LGHT/NETH: Lightning Detection Data Netherlands; 28 april 2003;
11. RIS-algoritmen, Versie 3.0, ihb par. A8 Safir, W.Wauben, KNMI INSA-IO, KNMI, De Bilt, 2001;
12. SAFIR beeldproduct voor real-time gebruik, Iwan Holleman, KNMI Intern rapport; IR 2002-03, KNMI, De Bilt, 2002;
13. Evaluatierapport Automatisering Visuele Waarnemingen Ontwikkeling Meetssystemen, Wiel Wauben en Hans de Jongh, KNMI Technisch rapport; TR-216, KNMI, De Bilt, 1999;
14. WMO, no. 8, Guide to meteorological instruments and methods of observations, 6th edition, part II, chapter 7, Locating the sources of atmospheric, WMO, Genève, 1996;
15. WMO no.407, International cloud atlas, Volume II, WMO, Genève, 1987;
16. Evaluation of a lightning detection system, 2004, Hans Beekhuis, Iwan Holleman KNMI Technisch rapport; TR-268; KNMI, De Bilt, 2004;
17. LIGHTNING HDF data (CIBIL LDU_CIB3R3.doc 17 dec 2003 en hdf2dis_gebruik1.txt), Beekhuis;
18. Beheerregeling BIK versie 3.1 Martin van Binnendijk, (zie ook url <http://info.knmi.nl/%7Ebinnendi/BIK%20Storingsprocedure/Documentation/Beheer%20BIK%20v3.1.pdf>);
19. SLA Operationele systemen: toepassingsgebied: bliksemdetectie systeem; Document bliksem: 2004/V1.0 d.d. 12 jan 2004 getekend 17 jan 2004;
20. Overview of Lightning Detection in the VLF, LF, and VHF Frequency Ranges, K. L. Cummins and M. J. Murphy, ILDC, 2000;
21. KNMI HDF5: Data Format Specification v3.5, H. Roozkrans and I. Holleman, KNMI IR 2003-05, KNMI, De Bilt, 2003;
22. Specifications of site selection for SAFIR Detection Station, specifications manual SAFIR 3000-R3, spec.install. Version 3.3, Vaisala SA, december 2002;

Handbook for the Meteorological Observation

Koninklijk Nederlands

Meteorologisch Instituut

KNMI

September 2000

Chapter 1. Measuring stations – General

- 1 Introduction
- 2 Variables
- 3 Type of observing station
- 4 Conditions relating to the layout of the measurement site of a weather station
- 5 Spatial distribution of the measuring stations and the representativeness of the observations
- 6 Procedures relating to the inspection, maintenance and management of a weather station
 - 6.1 Inspection
 - 6.2 Technical maintenance
 - 6.3 Supervision

1. MEASURING STATIONS - GENERAL

1.1 Introduction

The mission statement of the KNMI¹ (from their brochure “KNMI, more than just weather” of August 1999) reads:

“The KNMI is an agency with approximately five hundred employees that is part of the Ministry of Transport, Public Works and Water Management. From its position as the national knowledge centre for weather, climate and seismology, the institute is targeted entirely at fulfilling public tasks:

weather forecasts and warnings
monitoring the climate
acquisition and supply of meteorological data and infrastructure
model development
aviation meteorology
scientific research
public information services”

The tasks mentioned above are split across a number of sectors within the KNMI. One of the sectors is WM (Waarnemingen en Modellen = Observations and Models). This particular sector’s mission has been formulated as follows:

“The Observations and Models sector (WM) is responsible for making the basic meteorological data available and for provision of climatological information to both internal and external users.

The basic meteorological data, both current and historical, contains:

- observations made by measurement, visual observation, using remote sensing or acquired from external sources
- output from atmospheric and oceanographic models, acquired by processing the sector’s own models of acquired from institutes abroad.

Additionally, the sector develops user-specific applications and models for processing the basic data.

Considerable research and development (R&D) work is done in the WM sector to ensure that the quality of the products measures up to international yardsticks and in order to be able to keep up to date with new developments and implement them. This lets the WM sector maintain the necessary knowledge and expertise concerning the basic data and its applications.

The WM sector makes this knowledge and expertise available to both internal and external users.”

As a consequence of the mission statements and task definitions given above, the KNMI must perform meteorological observations. These are needed if we want to know anything about the weather and the climate. In this context, the following can be mentioned:

- synoptic meteorology;

Important specifically Dutch terms and abbreviations without a standard translation will generally be explained and/or translated when they are first introduced in the text, but left unchanged thereafter:

e.g. *KNMI* : *Royal Netherlands Meteorological Institute*

VenW : *Verkeer en Waterstaat* = *Transport, Public Works and Water Management*

A list of all such terms is provided as an appendix

- warnings for dangerous weather conditions, e.g. gales, strong gusts, heavy precipitation, thunder, hail, snow, black ice, extremely high or low temperatures (ad hoc);
- warnings of health risks for certain weather situations, e.g. air pollution, high UV irradiation and similar (ad hoc);
- maritime reporting;
- aviation meteorology and aviation climatology;
- acquisition of data for climatology and past weather analyses (e.g. for weather reconstructions in cases of damage or disasters);
- acquisition of data for use in analysis and verification models (HIRLAM, wave models, statistical models and so forth).

The measurement network in the Netherlands comprises equipment belonging to the KNMI, the Royal Netherlands Air Force (RNLAf), the Royal Netherlands Navy (RNLN) and Rijkswaterstaat (Department of Public Works, hereinafter RWS). The measurement network consists of approx. 55 weather stations on land and in the North Sea. Observations and (automatic) measurements of meteorological variables are carried out at these stations. Furthermore, the KNMI has a separate measurement network of over 320 stations where volunteer observers measure the precipitation on a daily basis. The KNMI also has the use of a 220-metre high mast in Cabauw for making meteorological observations in the boundary layer of the atmosphere. Radio sondes for making measurements in the upper air layers are attached to weather balloons and released from the KNMI location at De Bilt. The observing stations and the instrumentation used meet the requirements set by the World Meteorological Organization (WMO), the coordinating body (refs. 3, 4, 5). The Measurement Systems Management department of the KNMI (Meetsystemenbeheer, hereinafter MSB) and a team of station inspectors monitor the quality of the observations by regularly checking the measuring equipment and the environment at the measurement site. The observational data is carefully verified, validated, stored and processed for a large number of applications.

1.2 Variables

The KNMI performs observations with which the values or codes for the following meteorological variables can be determined:

- temperature (at various heights above the ground or sea surface)
- atmospheric pressure or air pressure
- humidity or relative humidity, dew point temperature
- wind speed and direction
- precipitation (amount and duration), snow cover
- solar radiation (short wavelength, UV-a, UV-b, sunshine duration)
- horizontal visibility
- evaporation
- soil moisture content, soil temperature (various depths)
- upper air pressure, temperature, humidity
- upper air wind
- weather state (present weather, past weather)
- clouds (type, sort and height) and degree of coverage
- ozone
- composition of the atmosphere
- sea water temperature
- waves and swell (height, direction, period)
- lightning

The observations are generally “ground based”, i.e. that they are measured on or at the surface level of the ground or sea. A number of meteorological variables (temperature, relative humidity, wind, pressure, etc.) are also measured at greater altitudes:

- by releasing balloons with radio sondes (up to altitudes of more than 15 km);
- at various levels on the Cabauw measuring mast (up to a height of 200 m).

Meteorological observations are carried out in principle as a continuous process, in which the frequency of observation can vary from a fraction of a second up to periods of 24 hours.

Observations are made using instruments, manually, visually or by ear. A value is not directly determined for a number of meteorological variables, but is rather derived from other variables that have been directly observed or measured. Examples are evaporation (calculated from temperature and global solar radiation), dew point temperature (calculated from temperature and relative humidity) and sunshine duration (calculated from global shortwave radiation).

Important weather information is acquired using remote sensing techniques (e.g. radar systems for detecting showers), satellite observations, observations made on board ships (about 200 VOS ships for the Netherlands), measuring buoys at sea and observations made from aircraft (AMDARs). Although the observations concerned are in all cases either performed under the responsibility of the KNMI or where the KNMI is (partly) involved or makes use of the data, a description of the various details falls outside the scope of this manual.

1.3 Type of observing station

The observational network of the KNMI (the Netherlands, the North Sea) comprises the following types of meteorological stations:

- a) Manned weather station: visual and instrumental observations;
- b) Automatic weather station (AWS): exclusively instrumental observations;
- c) Wind measuring mast: instrumental observations of wind direction and speed only;
- d) Cabauw measuring mast: instrumental observations at heights from 20 m to 200 m;
- e) precipitation stations: (manual) observations of precipitation amount and snow cover;
- f) lightning detection masts: observations of lightning discharges.

The distinguishing feature of a meteorological station is that the variables concerned are measured or are observed there regularly in order to provide a (real-time) picture of the actual weather situation in that region. The observational data from a weather station is collected at the KNMI in De Bilt, validated (using pre-determined objective procedures) and systematically archived for later analysis of specific events and for climatological purposes. A selection of the data is also used for the analysis and verification of operational weather models.

The KNMI network also contains a number of stations when (continuous) measurements of meteorological variables are also being made, but then only for specific local purposes:

- automatic weather stations at airfields for measuring visibility, cloud base height, wind, temperature, humidity, pressure and so forth;
- automatic weather stations several kilometres away from Schiphol airport, known as the mist watch stations, for measuring visibility, wind speed and direction, temperature and relative humidity.

1.4 Conditions relating to the layout of the measurement site of a weather station

The following conditions relating to the layout of the measurement site of a weather station have been laid down:

- a) If the station is “manned”, in other words where both visual and instrumental observations are being performed, then all these observations should in principle be made at the same geographic location and at the same observation height. The distance between any separate observation locations that there may be at a single station should in principle be a maximum of 500 metres (with exceptions for infrastructural reasons on airfields, etc.). This condition is required in order to guarantee a synoptic weather picture (in which all the variables in principle comprise a coherent whole).
- b) The measuring instruments at a “manned station” or in an “automatic observation station” are installed within a limited area, as a consequence of the above-mentioned criterion that “observations are in principle made at the same geographic location and at the same observation height”. Given the required infrastructural facilities and the costs of the plot, a measurement site has a surface area of 225 to 300 m². The separation between the individual measuring instruments and their distribution around the measurement site is arranged in such a way that the measurements of all meteorological variables can be performed coherently, appropriately and according to the specific requirements. This condition also applies to the 10-metre wind mast that is placed on the measurement site or immediately adjacent to it. At a number of KNMI measuring stations, the wind mast has been placed some distance from the measurement site, due to the (excessively) irregular wind in the immediate surroundings of the measurement site. This separation from the measurement site is however in principle not greater than 500 metres.
- c) The interior part of the measurement site is completely flat, apart from the bank around the pit for the precipitation measurements. The site is covered with short grass (height \geq 4cm and \leq 10cm). This requirement applies in particular to the immediate surroundings of the sensor for observation of the temperature at 10cm. The area will need to be mown at least once a week in the period from April to September, meaning it will be mown about 28 times in the grass growing season.
- d) A measurement site is surrounded by a fence to prevent unauthorized access. The surroundings will be made of non-opaque fencing, depending on the location. The mesh will be (at least) 20 cm² and the height of the fence is at most 2 m. These dimensions are required to ensure that the measurements are affected as little as possible by the fencing.
- e) The measuring instruments are positioned on the site in such a way as not to interfere with each other. Examples:
 - The radiation meter must always be free of shadows; the arrangement of the other instruments will therefore have to take this into account.
 - The precipitation measurement is sensitive to obstacles in its immediate surroundings (see relevant chapter). It is therefore preferable to keep the measuring equipment for the precipitation measurements place as far away from the fencing and other measuring instruments as is possible, particularly from the wind mast.

The neighbourhood of the measurement site must be free of objects that could affect the measurements. This also applies to mobile obstacles such as parked or passing cars, cranes, planes taxiing or landing or taking off, and similar.

The KNMI has adopted the following guidelines:

- no crops or plants exceeding 0.5 m in height may be grown or placed within a radius of 25 metres around the observation site;

- no crops or plants exceeding 1.5 m in height may be grown or placed within a radius of 50 metres around the observation site;
- no obstacles such as trees and shrubs may be placed within a radius of 100 metres around the observation site;
- no obstacles such as sheds or other buildings and woodland may be placed within a radius of 400 metres around the observation site.

The conditions relating to the types of observing station with wind masts, stations specifically measuring precipitation and stations with lightning detection masts are described in the corresponding chapters of the Manual.

1.5 Spatial distribution of the measuring stations and the representativeness of the observations

The objective of “acquiring sufficient information about the weather and climate (large scale and local)” is the factor determining the level of representativeness needed for the observations.

Examples:

- a) The purposes of the synoptic observations include mapping large-scale weather systems (in real time and for climatology). They also provide the basis needed for proper analysis and verification of the operational weather models. These criteria determine the spatial distribution of the observation locations across the Netherlands and the continental shelf to a large extent, including the selection of the elements to be measured in the measurement network.
- b) The international regulations state that the wind observations (speed, direction) at an airfield must be representative for the touchdown zone of a runway (ref. 6). In practice, this means that the wind measurements must be made at as short a distance as possible away from this point on the runway (100 to 200 metres).

The distribution and the separations between the measurement points for wind speed and direction in the Netherlands are based on statistical investigations by Wieringa (ref. 1). This study demonstrated that a wind speed gradient of 5% is exceeded in a homogenous landscape over a distance of 30km in just 10% of cases. This accuracy is regarded as sufficient for creating a spatial description of wind behaviour and climate in the Netherlands by means of interpolation. This comes down to implying that a grid with a diagonal of $2 \times 30 \text{ km} = 60 \text{ km}$ is required for the wind measurement network. A finer mesh of grid is required at the coast (North Sea, Wadden Sea and the IJsselmeer) and in more heterogeneous landscapes (the waters around Zeeland, Limburg).

In the end, the current measurement network was made concrete with the following aspects underlying it:

- a) Buishand’s proposal concerning the selection of the variables to be measured in the observational network (ref. 2);
- b) the “Wieringa standard” for wind measurements described above;
- c) the KNMI’s policy of trying to standardize the measuring stations;
- d) specific local requirements.

When a station does have to be moved, the new site is situated in such a way as to take the aspects stated above into account. This will not disrupt the spatial distribution. What this requirement means in practice is that the new location should preferably not be more than approx. 5 km from the old location as the crow flies, depending among other things on the type of landscape.

In order to guarantee the representativeness of the measurements for use at the larger scales (synoptic meteorology, climatology), the observations in the immediate neighbourhood (a radius of 500 metres around the measurement site) should not be perturbed by specific local objects. Within this radius, the type of environment and the coarse structure of the terrain are homogenous and consistent in all directions for every measuring station (as judged by the inspector).

The stations on the coast are an exception. For these stations, two environment sectors can be considered: “water surface” and “land surface”. The requirements of homogeneity and consistency indicated above apply to each of the sectors individually.

The amount and intensity of precipitation can be highly localized in unstable atmospheric conditions. The measurement network for this element therefore requires a much higher

density: roughly 1 precipitation station per 100 km². The representativeness of a national distribution of specific precipitation stations will be discussed in the chapter on precipitation.

1.6 Procedures relating to the inspection, maintenance and management of a weather station

1.6.1 Inspection

A weather station is visited at least twice a year by an inspector from the KNMI's OD division (Operationele Data =Operational Data), or once a year in the case of fields belonging to the Royal Netherlands Air Force and the measuring stations in the North Sea. He carries out the inspection according to procedures that have been defined by and are kept by WM/OD. In particular, checks are made on whether the measuring conditions meet the conditions described above and specific to each element. The following items are examined, among others:

- Are the measurement equipment, the sensors and the measurement site being looked after (inter alia the upkeep of the grass and the removal of any weeds or similar)?
- How do the surroundings of the observation site look (and how have they changed): plant growth, buildings, other obstacles?
- How are the operational sensors functioning: is there any deviation of the values measured from the values registered at the same time by a (calibrated) test sensor?

If required, an ad hoc interim inspection can be done, if indicated by those making use of the observations.

As the results of the inspection visit require, Insa/MSB (Insa: Instrumentele Afdeling = Instrumentation Division) will be asked to perform any actions that may be necessary. The OD inspector will also draw up an inspection report that will be sent for informational purposes to those involved (particularly WM/KD, WM/OD, WA, MI/Insa).

1.6.2 Technical maintenance

The department Insa/MSB is responsible for the technical management and maintenance of the SIAM (ref. 7) and the instruments in a weather station. Important aspects in this context are:

- replacement of the sensors before their calibration lifetime expires;
- replacement or repair of sensors and other apparatus if the status check in the SIAM suggests this is needed;
- replacement or repair of sensors and other apparatus as indicated by a WM/OD Station Management inspector, or by the users (particularly WM/KD, WA) through WM/OD Station Management;
- the status of the weather station according to the standards of the CCM working group "Synoptic Observation Network in the Netherlands": primary, secondary, supplementary (ref. 8);

After carrying out the said activities, Insa/MSB will report back to WM/OD Station Management (which will then apprise the users of this).

1.6.3 Supervision

Supervision of a weather station is carried out (in principle daily) by the observation site's owner (civil airfield, farmer, Royal Netherlands Air Force, Royal Netherlands Navy, etc.). The owner could also delegate this supervision to a company or a private individual residing in the area.

Important aspects in this context are:

- maintenance of the site (mowing the grass, weeding and so forth);
- keeping the instruments clean (removing any dirt or frost that may have formed on the radiation meter, removing dirt or stones from the precipitation meter's inlet, keeping the precipitation recorder clean, brushing off the dishes on the temperature meters and the humidity meter, etc.);

- monitoring for any unauthorized visits or vandalism;
- keeping an eye out for any changes in the surroundings (new buildings, planted areas, etc.) and reporting these immediately to WM/OD Station Management.

Agreements will be made with the appointed officials (laid down contractually) concerning the actions required.

References

J. Wieringa, Inrichting van het KNMI-windmeetnet [Layout of the KNMI wind measurement network], KNMI memo 75-652 (unpublished manuscript), November 1975 (particularly para. 5, pp. 15 and 16);

T. A. Buishand, Keuze van te meten elementen in het voorgestelde netwerk van synoptische en klimatologische landstations [Choice of elements to be measured in the proposed network of synoptic and climatological stations on land], KNMI document (unpublished manuscript), November 1987 (para. 2);

World Meteorological Organization, 1996: WMO No. 8, Guide to meteorological instruments and methods of observations, 6th edition, 1996 (particularly Chapter 3); WMO, Geneva, 1996.

World Meteorological Organization, 1973, International Meteorological Tables, WMO No. 188 in particular table 3.9 on the ICAO standard atmosphere); WMO, Geneva, 1973.

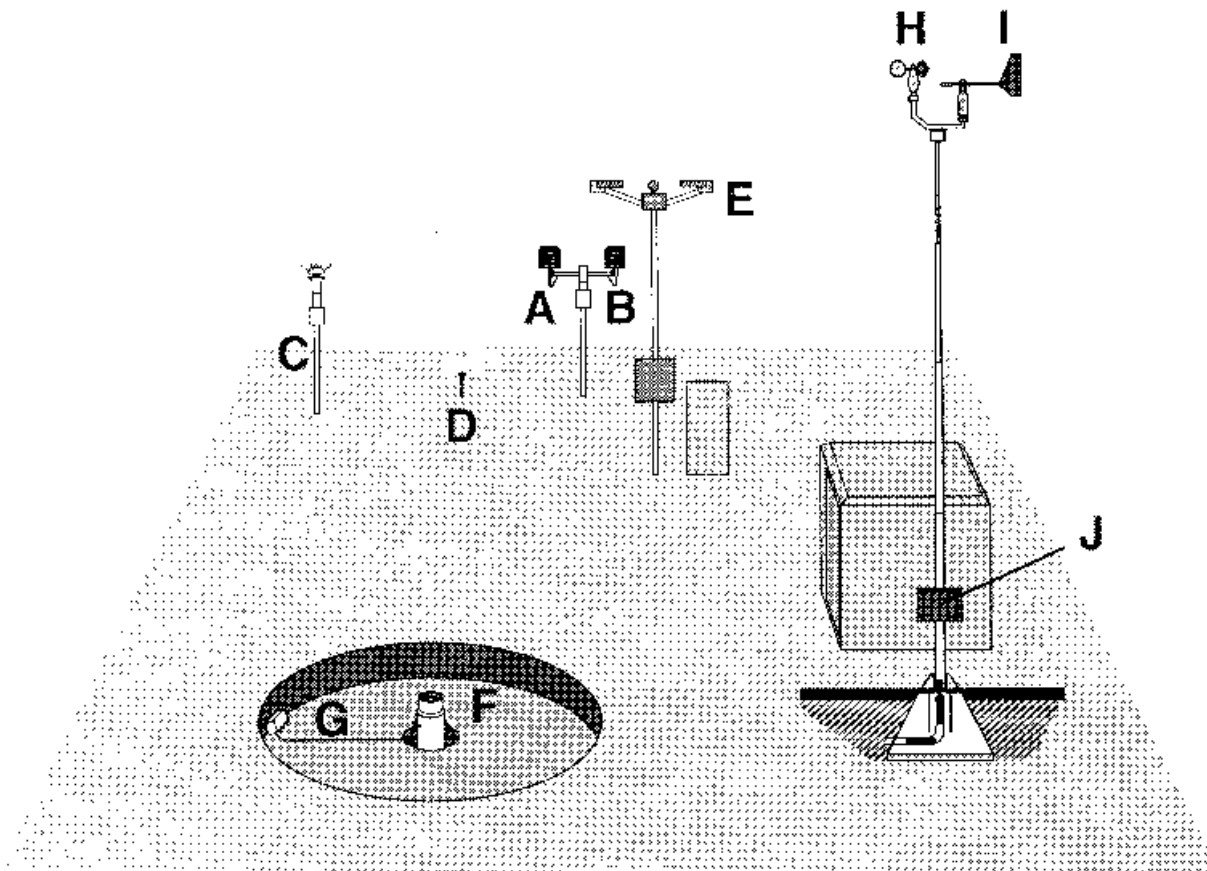
Statement of operational accuracy requirements of level II data, according to WMO codes SYNOP, SHIP, METAR and SPECI; Annex X of WMO No. 807 (CIMO XI)

International Civil Aviation Organization 1998: Meteorological Service for International Air Navigation, International Standards and Recommended Practices, Annex 3 to the Convention on International Civil Aviation, 13th edition; ICAO, Montreal, Canada, 1998.

KNMI 1997: X-SIAM specification [X-SIAM specificatie], J. R. Bijma, KNMI/Insa, KNMI document, Insa document number ID-30-015; KNMI, De Bilt, 1997.

Final report of the CCM working group "Synoptisch Waarneemnetwerk Nederland" [Synoptic Observation Network in the Netherlands], De Bilt, November 1996.

Diagram of an automatic weather station (example: Stavoren AWS)



A temperature ($^{\circ}\text{C}$)

B humidity (%)

C global radiation (Joule/cm^2)

D grass minimum temperature ($^{\circ}\text{C}$)

E visibility

F precipitation (mm)

G precipitation period (min)

H wind speed (m/s)

I wind direction (degree)

J air pressure (hPa)

National meteorological measurement network

2001



4. Procedures
 - 4.1 procedures on failure of automatic observations
 - 4.2 procedures for subsequent validation of temperature values
 - 4.3 inspection procedures
5. Derivation of parameters
6. Setup requirements and surrounding conditions
 - 6.1 Setup requirements and facilities
 - 6.2 conditions relating to the surrounding and the measurement location/representativeness of the observations

2. Temperature

1. Description

1.1 Nomenclature of the variable

General name: Temperature

Temperature is also the international nomenclature (as required by the WMO, see WMO No.8, ref. 0)

1.2 definition; description of the concept

The thermodynamic temperature (in short: the temperature) is a measure of the heat energy in a given material or body. The distinguishing feature of temperature is that a flow of heat will arise when there is a difference in temperature between two adjacent materials or bodies, the direction of flow being from the material or body with the lower temperature, until the temperature of the two bodies becomes equal (for a definition, see WMO no. 8, par. 2.1.1, ref. 0).

Temperature describes a state and is thereby a rather unusual variable, in that it cannot be directly derived from primary tangible variables such as mass or length. In general, the temperature of a gas is directly proportional to the average kinetic energy of the molecules. For further background information about the physical variable *temperature*, the reader is referred for example to ref. 0. Because temperature indicates a state, the associated scale is based upon an agreed definition. The internationally defined temperature scale is determined among other things by the triple points and freezing points of elementary substances. This scale is

regularly revised due to the increasingly accurate technology for determining phase transitions and the use of increasingly purified materials. A further definition of this scale can be found under 1.3, *units*.

1.3 Units

According to SI (ref. 0), the permanently recognized unit of thermodynamic temperature T is Kelvin (K). This unit is defined as the fraction $1/273.16$ of the temperature of the triple point of water.

Alongside the thermodynamic temperature T (also known as the Kelvin temperature), the Celsius temperature t is also used. The recognized SI unit for this is the degree Celsius, symbol $^{\circ}\text{C}$, which is the same as the Kelvin. The Celsius temperature is defined as the difference $t = T - T_0$ where $T_0 = 273.15\text{K}$ (see ref. 0 and ref. 0, par. 2.1.2.). Therefore:

$$t/^{\circ}\text{C} = T/\text{K} - 273.15.$$

The unit "degree Fahrenheit", symbol $^{\circ}\text{F}$ (given by $t_{\text{F}}/^{\circ}\text{F} = 9/5 t/^{\circ}\text{C} + 32$) is not used as a recognized variable in the Netherlands.

The current international temperature scale for which T and t have been defined since 1990 is given by ITS-90 (see ref. 0 and ref. 0, chap. 2, Annex). This scale becomes, when expressed as a Celsius temperature:

$$\begin{aligned} t_{90} [\text{freezing point H}_2\text{O}] &= 0.000^{\circ}\text{C} \\ t_{90} [\text{triple point H}_2\text{O}] &= 0.010^{\circ}\text{C} \\ t_{90} [\text{boiling point H}_2\text{O}] &= 99.974^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

The variable 'temperature' is used in meteorology for direct measurements of air, soil and water, and as a derived variable with respect to the air humidity.

The treatment of (sea) water temperature is given in the chapter on maritime observations and ref. 0, and soil temperature is described in the corresponding chapter. This chapter refers hereafter only to the air temperature, as measured above the surface of the ground.

1.4 Description of the variables

Meteorology uses a number of variables based on the variable quantity 'temperature'. These can be subdivided into a primary measured temperature and a secondary or derived temperature. The primary measured temperature refers exclusively to the instantaneous air temperature, measured at a fixed height. The other variables are determined using a time series, affected by the air or based on a derivation in which other (measured) quantities are included. The variables involving temperature are:

1. primary measured
 - a) air temperature
2. derived from a temperature time series:
 - a) minimum air temperature
 - b) maximum air temperature
3. other derived temperatures
 - a) dew point temperature and frost point
 - b) saturation temperature
 - c) virtual temperature

- **dry bulb temperature, air temperature**

Indicator: T or t (T_{air} or t_{air} also permissible) in codes: TTT, BUFR table ref. 0 12 001.

Air temperature is determined at a height of 150 cm above the ground surface. This variable is also called the “temperature” in practice.

- **maximum temperature**

Indicator: T_{\max} or t_{\max} in codes: $T_x T_x T_x$, BUFR table ref. 0 12 011.

The maximum temperature is the highest air temperature (at a height of 150 cm) reached in a time period, for example 6 hours or 12 hours (for the KNMI: between 06 and 18 UTC).

- **minimum temperature**

Indicator: T_{\min} or t_{\min} , in codes: $T_n T_n T_n$, BUFR table ref. 0 12 012.

The minimum temperature is the lowest air temperature (at a height of 150 cm) reached in a time period, for example 6 hours or 12 hours (for the KNMI: between 06 and 18 UTC).

- **10 cm temperature, or air temperature at a height of 10 cm**

Indicator: T_{10} or t_{10} ; The 10 cm temperature is the actual air temperature at a height of 10 cm above the ground surface. This variable is often confused with the undefined variable “grass temperature” (see below also)

- **minimum 10 cm temperature**

Indicator: $T_{10, \min}$, in (exclusively national) codes: $T_g T_g T_g$

The minimum 10 cm temperature is the lowest air temperature measured at a height of 10 cm reached in a time period, for example 6 hours (for the KNMI: between 18 and 08 UTC). This minimum temperature can be related to the so-called “grass minimum temperature” as formulated in WMO No. 8, Vol. I, par. 2.2.2.2 (see ref. 0).

However, the grass minimum temperature is defined based on the measured air temperature at the height of the tops of short mown grass, which is very awkward for automatic measurement.

The table WMO FM 94 BUFR, Class 12 – Temperature, also incidentally refers to a “ground minimum temperature, past 12 hours”, table ref. 0 12 013.

- **dew point temperature**

Indicator: T_{dew} , in codes: $T_d T_d T_d$, BUFR table ref. 0 12 006.

The dew point temperature is the temperature (at a height of 150 cm) to which the air must be cooled (with other conditions remaining unchanged) in order to achieve complete saturation of the water vapour present in the air and at which condensation will occur. The dew point temperature is of the air temperature itself and is determined by the density of water vapour in the air. Dew point temperature can have a wide range extending a long way below 0°C, always with $t_{\text{dew}} \leq t$.

Chapter 4 of this manual describes the parameter humidity and the interrelationship between dew point temperature, temperature and relative humidity.

- **frost point**

Indicator: T_{ice} or t_{ice}

The frost point is the analogue of the dew point temperature, but referring to solid deposition and only defined for values below 0°C. Frost will form below this temperature.

- **other saturation temperatures, including the wet bulb temperature**

As well as the dew point temperature, in which the composition of the air itself is unchanged other than cooling, it is also possible to determine other saturation temperatures in which the air itself is affected and a thermodynamic equilibrium is reached. The most well known technique is psychrometry, which is used for humidity measurements (also known as wet and dry bulb measurements). In this method, the air comes into contact with a moist body, resulting in a

mixture of saturated air / moisture at a saturation temperature. The adiabatic saturation temperature is the most obvious one to use for thermodynamic applications, due to the simple calculation that can then be used to determine the humidity.

It is however virtually impossible to meet the adiabatic requirement in practice and psychrometers are developed with their own individual calibration diagrams (see ref. 0). A psychrometer consists of a sensor that measures the air temperature (also referred to as the dry bulb temperature) and a sensor that measures the temperature of a moistened sleeve that is open to the air (thereby measuring the saturation temperature of the air adjacent to the sleeve). This is why that temperature is also referred to as the wet bulb temperature, indicated in codes for maritime observations as $T_p T_b T_b$, BUFR table ref. 0 12 005 (for measurements at a height of 2m). Because there is no useful fundamental relationship between moistening, evaporation, airing, radiation and heat conduction (meaning that this wet bulb temperature cannot be calculated), the humidity can only be determined after calibration.

Only the wet bulb temperature as measured by an Assmann psychrometer has been defined for international use (see ref. 0, WMO No. 8, Vol. 1, Annex 4.B). The Assmann psychrometer is not used at the KNMI.

NB: the so-called dry bulb temperature should only be used in combination with the wet bulb temperature (i.e. in psychrometry).

- **virtual temperature**

The virtual temperature is a derived quantity, used primarily in the simplification of formulae in which moisture is involved. The virtual temperature is defined as the temperature that a hypothetical system of dry air would have, in relation to the actual condition of (moist) air at the same density and pressure. This virtual temperature T_v is derived from the ideal gas law and is given by:

$$T_v = T (1 + r/\epsilon)/(1 + r),$$

where r is the mixing ratio of moist/dry air and ϵ is the ratio of the molecular weight of water vapour to that of dry air, namely $\epsilon = 0.62198$. The virtual temperature is used *inter alia* for reduction of the air pressure to sea level (see chapter 1 of this manual). For additional details concerning virtual temperature, the reader is referred to ref. 0, chapter 4.

- **potential temperature**

The potential temperature θ (of unsaturated moist air) is defined as the temperature that a quantity of air at pressure p and temperature T would attain if it were subjected to an adiabatic change to standard pressure ($p_o = 1000$ hPa) and constant mixing ratio r . See ref. 0, chap. 4 for more details.

1.5 Element code

The coding used for temperature values in the SYNOP, KLIM and METAR messages is defined in the KNMI manual of meteorological codes (ref. 0). A good guideline for this is module B1 (“Observing”) of the Elementary Professional Training in Meteorology (see ref. 0, chapter 7).

The codes below are used for the various temperature variables mentioned earlier, at the frequency intervals given.

- **FM 12-X SYNOP / FM 13-X SHIP**

section 1 (international groups)

- air temperature T : $1s_n T T T$ every hour;
- dew point temperature T_{dew} : $2s_n T_d T_d T_d$ every hour;
-

section 3 (regional groups) and section 5 (national groups)

- maximum temperature T_x : $1s_n T_x T_x T_x$ 18 UTC: maximum for the past 12 hours
- minimum temperature T_n : $2s_n T_n T_n T_n$ 06 UTC: minimum for the past 12 hours; 08 UTC: minimum for the past 14 hours;
- minimum 10cm temperature $T_{10, min}$:
 $4s_n T_g T_g T_g$ 08 UTC: minimum for the past 14 hours;

The following are applicable for these symbols:

1. All temperature variables in the SYNOP are given in multiples of 0.1°C.
- 2.
3. The sign is given by s_n , i.e.:
 $s_n = 0$ if temperature value $\geq 0.0^\circ\text{C}$ and $s_n = 1$ for temperature values $< 0.0^\circ\text{C}$

Examples:

$$t_n = -6.2^\circ\text{C} \rightarrow 2s_n T_n T_n T_n = 21062$$

$$t = +27.4^\circ\text{C} \rightarrow 1s_n T T T = 10274$$

- **NF 01 KLIM** (national code agreement)

section 2 (regional groups)

- maximum temperature t_x : $1s_n T_{x6} T_{x6} T_{x6}$ 00, 06, 12, 18 UTC: maximum for the past 6 hours
- minimum temperature t_n : $2s_n T_{n6} T_{n6} T_{n6}$ 00, 06, 12, 18 UTC: minimum for the past 6 hours;
- minimum 10cm temperature $t_{10, min}$:
 $4s_n T_{g6} T_{g6} T_{g6}$ 00, 06, 12, 18 UTC: minimum for the past 6 hours;

NB: the hourly periods in which both TX and TN occurred are also stated in the KLIM.

The following apply to the symbols:

1. All temperature variables in the KLIM are given in multiples of 0.1°C.
2. The sign is given by s_n (see SYNOP).

Examples:

$$t_n = -6.2^\circ\text{C} \rightarrow 2s_n T_{n6} T_{n6} T_{n6} = 21062$$

$$t = +27.4^\circ\text{C} \rightarrow 1s_n T_{x6} T_{x6} T_{x6} = 10274$$

- **FM 15-IX Ext. METAR / FM 16-IX Ext. SPECI**

- air temperature t , together with
- dew point temperature t_{dew} T'T'/T'dT'd every half hour;

The following are applicable for these symbols:

1. both the air temperature and the dew point temperature are given in whole degrees Celsius (i.e. $\{t\} = \{t_{\text{dew}}\} = \text{°C}$).
2. Where the air temperature or dew point temperature are negative ($t, t_{\text{dew}} < 0\text{°C}$), T'T' and T'dT'd respectively are preceded by a letter M (=minus).

Examples:

$T = +27\text{°C}$, $TD = +19\text{°C} \rightarrow T'T'/T'dT'd = 27/19$

$T = +14\text{°C}$, $TD = -6\text{°C} \rightarrow T'T'/T'dT'd = 14/M06$

2. Operational requirements

This section covers the operational requirements concerning observation of the air temperature at 150 cm and 10 cm above ground level at the observation site. The operational requirements concerning the dew point temperature are described in Chapter 4, Humidity.

2.1 Range

The operational range for the observations of (air) temperature at 150 cm and 10 cm above the ground is -30 to $+40\text{°C}$. This applies to momentary values, averages and to the extremes. The WMO standard is actually -60 to $+60\text{°C}$ (WMO No. 8, ref. 0). Since the likelihood of a temperature below -30°C or above $+40\text{°C}$ is negligible in the Netherlands, the above-mentioned range is sufficient for national use.

2.2 Relationship between the observational resolution and the messages

The resolution required in synoptic meteorology and climatology for observations of (air) temperature at 150 cm and 10 cm height is 0.1°C . This is in accordance with WMO regulations (WMO No. 8, ref. 0).

In the messages for aviation, i.e. the METAR, the resolution for temperature is however whole degrees Celsius, i.e. 1°C . (as per WMO/ICAO, see ref. 0).

2.3 Operationally required accuracy

- The required accuracy (margin of error) in the measured (air) temperature at 150 cm and 10 cm height is 0.1°C . This requirement is in accordance with WMO regulations (WMO No. 8, chap. 1, Annex 1, see ref. 0). The extremes (t_x, t_n) must fulfil the same condition: required accuracy (margin of error) of 0.1°C , although WMO regulations permit an uncertainty of 0.5°C (see ref. 0).
- The maximum acceptable operational uncertainty in the (air) temperature at 150 cm and 10 cm height (including maximum and minimum values) in the synoptic reports (SYNOP) and for climatological purposes (KLIM) is 0.2°C . This is in line with WMO regulations ("achievable operational accuracy", see WMO No. 8, ref. 0).

- The desired operational accuracy for the (air) temperature at 150 cm height for reporting in aviation meteorology (METAR) is 1°C (as per WMO/ICAO, ref. 0).

2.4 Required frequency of observation

1' averages

In accordance with the WMO guidelines (refs. 0 and 0), the reporting should be done based on 1' average values. These averages always refer to the arithmetic mean of the continuous observations in the last completed period, in this case one minute. This method is sufficiently accurate for data acquisition via digital systems such as the SIAM, which uses five successive 12" samples for the purpose. This means that the natural fluctuations in temperature as measured, which can sometimes be large (very localized), are damped out and the measurement becomes more representative.

In systems that store data over a 10-minute period, such as an AWS or in RIS, the most recent 1-minute average is recorded every 10 minutes. Example: the 1' value at time 14:10:00 is the average of the momentary values at the times 14:09:12, 14:09:24, 14:09:36, 14:09:48 and 14:10:00.

10' values

Although hourly (SYNOP) and half-hourly (METAR) reporting is still the norm, there is a clear international development under way towards presentation of the data at a resolution of 10 minutes. In order to comply with this, generation of 10' averages and the associated standard deviations is desirable. These parameters are incidentally a useful tool for validation of the actual measurements. The sampling frequency should be sufficiently high for the standard deviation to be determined when digital instruments are used. In the case of temperatures, 12" samples are suitable.

- extremes: maximum and minimum values

A temperature SIAM calculates the 10' maximum and the 10' minimum temperatures at 150 cm or 10 cm height over the last 10 minutes every 12 seconds. These extremes are based on an average from a 1-minute period, i.e. a sequence of five successive observations when the observation interval is 12 seconds. For a 10' extreme, this will be one of the 50 overlapping 1' averages (see also ref. 0).

In systems that store data over a 10 minute period, such as an AWS or in RIS, the 10' maximum and the 10' minimum calculated in this manner are registered every whole ten minutes for the ten minute period just completed, according to the sequence HH:05, HH:15, HH:25, HH:35, HH:45, HH:55.

- average and standard deviation

The 10' average temperature (measured at a height of 10 cm or 150 cm) and the associated standard deviation refer to the previous 10-minute period. This is the arithmetic mean of a sufficiently large number of measurements, for example based on fifty 12-second values, including the instantaneous temperature at the end of the 10-minute period.

In systems that store data over a 10 minute period, such as an AWS or in RIS, the average over the ten minute period just completed is presented every whole ten minutes, according to the sequence HH:05, HH:15, HH:25, HH:35, HH:45, HH:55.

Example: the 10' average temperature value for the time 13:15:00 is the average of 50 instantaneous values: 13:05:12, 13:05:24, 13:05:36 and so forth up to 13:15:00.

hourly value (SYNOP)

The temperature value at a height of 150 cm averaged out over the last minute and determined at exactly 10 minutes before the hour (i.e. the 1-minute average value over the period from 11 minutes to the hour up to exactly 10 minutes to the hour) is used for determining the temperature value t in °C (code 1s_nTTT) for the hourly SYNOP. This observation moment is within the period that has been set (internationally) for performing the SYNOP observation (approx. 15 minutes before the hour up to no later than 2 minutes before the hour, see also ref. 0).

half-hourly temperature value in the METAR

The timestamp for the METAR report is precisely 5 minutes before the whole hour or precisely 5 minutes before the half hour. The temperature value t in the METAR (code T'T') is the 1' average temperature value at 150 cm height at exactly 5 minutes before the time of the METAR message, i.e. exactly 10 minutes before the whole hour or 10 minutes before the half hour.

Example: T'T' at 10:25 UTC is the 1-minute average temperature over the period 10:19:00 to 10:20:00.

maximum and minimum values in SYNOP and KLIM

At the times that SYNOP and/or KLIM require the maximum or the minimum temperature values at 150 cm or 10 cm height to be reported over a given useful period (6, 12 or 14 hours), these will be determined at exactly 10 minutes before that whole hour. The maximum value for the SYNOP or KLIM is the highest of all the 10' maximum values and the minimum value for the SYNOP or KLIM is the lowest of all the 10' minimum values.

Example: 1s_nT_xT_xT_x at 18 UTC: the highest 10' maximum value of the temperature at 150 cm over the period from 05:50 to 17:50 (the period lasts 12 hours, i.e. the highest of seventy-two 10' maximum values; this is actually the highest single 1' average temperature value recorded of the 12 x 60 x 5 = 3600 twelve-second values over the period from 05:50:12 up to 17:50:00).

2.5 Data required to be present for each specific period

1' average and 10' average

An average over 1 minute or 10 minutes can be based on the 12" instantaneous values that are available ("available" implies not reporting "////"). Given the nature of the parameter, a 100% availability of the 12" measured values during the time period in question is not required for (operationally) determining a 1-minute or 10-minute average. The percentage of missing 12" instantaneous values should however be stated in the SIAM message (ref. 0). If no measure values are available at all, then a 1' average or 10' average will be deemed to be "missing".

10' maximum and 10' minimum

All 50 of the overlapping 1-minute averages involved do not have to be available for determination of a 10-minute maximum or minimum. What is required is at least that a 1' average has been recorded for each successive one-minute period within this 10-minute period. If this requirement is not met, then the said 10-minute maximum or minimum is deemed to be "missing".

maximum and minimum over a 6-hour period (KLIM) or 12-hour or 14-hour period (SYNOP)

The following criteria apply to the determination of a maximum or minimum temperature at 1.5m or 0.1m height over a given period for inclusion in SYNOP or KLIM reports:

- 6-hour period:

Of the 36 successive 10-minute blocks involved, no more than 5 (non-successive) blocks or one successive block may be missing.

- 12-hour period:

Of the 72 successive 10-minute blocks involved, no more than 11 (non-successive) blocks or one successive block may be missing.

- 14-hour period:

Of the 84 successive 10-minute blocks involved, no more than 12 (non-successive) blocks or one successive block may be missing.

3. Instrumentation and technology used

3.1 Technology used and specifications

The standard sensor used by the KNMI for operational measurements at 150 cm or 10 cm above the surface (ground level) is a platinum resistor element (Pt500) that is positioned in the tip of what is known as a “temperature measurement needle” made of stainless steel (see fig. 1a). A relatively high resistance of 500 Ω is used, since the heat dissipation is low enough to be able to make measurements to the required margin of error of <0.1 $^{\circ}$ C (this is not possible with a 100 Ω Pt element). To ensure that the leakage of heat from the sensor to the measuring wires is kept to a minimum, the sensor is connected to the rest of the cabling using wires made of manganese, which is a poor conductor of heat. A four-wire measurement method is employed, preventing significant systematic errors that can occur due to thermoelectric effects, current leakage or excessive additional resistance due to the length of the wiring. The Pt500 element is of a good enough quality that the systematic error in the given range, expressed in $^{\circ}$ C, is no greater than 0.05 $^{\circ}$ C. The temperature measurement needle is then placed in a screen shaped like an inverted dish, which is there to protect it from radiation (see para. e)). This instrument (sensor, including SIAM transmitter) can be calibrated to a margin of error of <0.1 $^{\circ}$ C. The resolution (of the SIAM output) is 0.1 $^{\circ}$ C. The range is –30 to +40 $^{\circ}$ C. (Reference: ref. 0). The specifications of the instrumentation are therefore compliant with the operational requirements laid down.

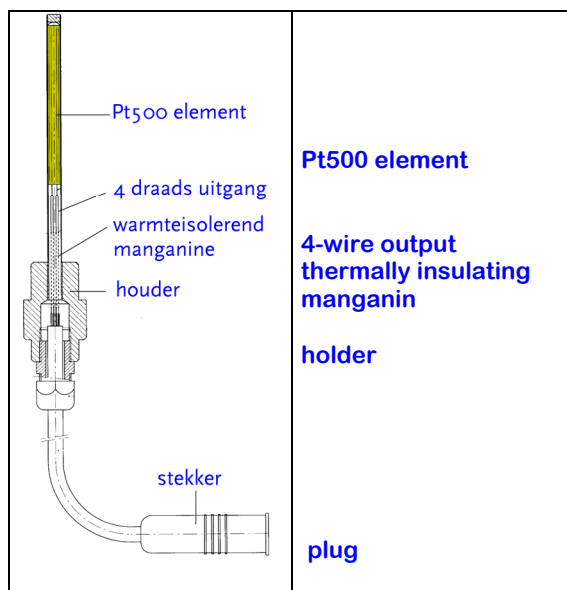


figure 1a: measuring needle with sensor



figure 1b: placement of the measuring needle in a cut-away dish screen

3.2 maintenance and calibration procedures

The measuring instruments must meet the accuracy requirements. This means that they require periodic maintenance during which the instruments are checked at intervals determined through experience and are calibrated and adjusted to ensure that they meet the requirements laid down. A calibration certificate is registered for each interval, in which the reference measurement values can be entirely reduced to a standard recognized by the RvA/NKO (*Accreditation Council / Dutch Calibration Organization*). The Insa (the KNMI's instrumentation department) is responsible for the procedures, which are embodied in the KNMI calibration laboratory's procedures for calibration. These procedures do comply with the Insa quality manual, which is recognized according to ISO 9001 (ref. 0). They do not (as yet) comply with the EN 45001 European standard for calibration and testing laboratories, or with any NKO certification requirements.

4. Procedures

4.1 procedures on failure of automatic observations

The SYNOP and METAR reports are not filled in when the automatic generation of data fails. At manned stations where backup equipment is present, the observations from these devices may be used as an alternative (only for local use, not for the SYNOP and METAR). Deviations from this rule are only possible in exceptional circumstances.

4.2 procedures for subsequent validation of temperature values

The KNMI's Climatological Information System (KIS) contains archived observations, namely:

- hourly temperature values t from the SYNOP, with the indicator: T
- 6-hourly maximum temperature values t_{\max} from the KLIM: TX6
- hour in which this maximum temperature occurred (from the KLIM): HTX6
- 6-hourly minimum temperature values t_{\min} from the KLIM: TN6
- hour in which this minimum temperature occurred (from the KLIM): HTN6
- 6-hourly minimum 10 cm temperature values $t_{g, \min}$ from the KLIM: TG6

The datasets used are the archived SYNOP and KLIM observations from the inland and coastal stations, as well as the stations from the North Sea measurement network. Data input into the KIS system is done daily and uses the hourly and six-hourly values from the previous day (hourly periods HH = 00 to 23). All values that are entered into KIS are subjected to automated checking procedures that are programmed into the system. The following procedures are carried out for each station:

- **T**
If the requirements below are not met, then the observation is highlighted as being 'suspect':
 - a) $TX6 \geq T \geq TN6$
 - b) if WW = 56, 57, 66, 67, 70, ..., 79, 83, ...87 of 88 then: $T \leq 5.0^{\circ}\text{C}$
 - c) $T[H] - ((T[H+2] + T[H-2])/6 + (T[H+1] + T[H-1])/3) \leq 2.0^{\circ}\text{C}$
 - d) $-30.0^{\circ}\text{C} \leq T \leq 40.0^{\circ}\text{C}$

- **TX6**
If the requirements below are not met, then the observation is highlighted as being 'suspect':
 - a) $TX6[H] \geq T[H]$ and the same for (H-1) to (H-6)
 - b) $TX6 > TG6$
 - c) $TX6 > TN6$
 - d) $-30.0^{\circ}\text{C} < TX6 < 40.0^{\circ}\text{C}$

- **HTX6**
If the requirements below are not met, then the observation is highlighted as being 'suspect':
 - a) If observation time = 06 then HTX6 = 1, 2 ... 6
 - b) If observation time = 12 then HTX6 = 7, 8 ... 12
 - c) If observation time = 18 then HTX6 = 13, 14 ... 18
 - d) If observation time = 24 then HTX6 = 19, 20 ... 24
 - e) If $T[H-n] \geq TX6$ then $HTX6_n \leq H-n$ (where n=1, 2, 3, 4, 5, 6)
Comment: if H-n = 0, then T[H=24 UTC from the previous day] is validated.

- **TN6**
If the requirements below are not met, then the observation is highlighted as being 'suspect':
 - a) $TN6 \leq T[H]$ (for H through to H-6)
 - b) $TN6 < TX6$
 - c) $-30.0^{\circ}\text{C} < TN6 < 40.0^{\circ}\text{C}$

- **HTN6**
If the requirements below are not met, then the observation is highlighted as being 'suspect':
 - a) If observation time = 06 UTC then HTN6 = 1, 2 ... 6
 - b) If observation time = 12 UTC then HTN6 = 7, 8 ... 12
 - c) If observation time = 18 UTC then HTN6 = 13, 14 ... 18
 - d) If observation time = 24 then HTN6 = 19, 20 ... 24
 - e) If $T[H-n] \leq TN6$ then $HTN6[H] \leq H-n$ (where n=1, 2, 3, 4, 5, 6)
Comment: if H-n = 0, then T[H=24 UTC from the previous day] is validated

- **TG6**

If the requirements below are not met, then the observation is highlighted as being 'suspect':

- a) $TG6 > TX6$
- b) $-35.0^{\circ}\text{C} < TG6 < 40.0^{\circ}\text{C}$
- c) $-2.0^{\circ}\text{C} < (TN6 - TG6) < 7.0^{\circ}\text{C}$

See ref. 9 for further details.

The KNMI's Climatological Services Division (KD) is responsible for the validity of the temperature values finally stored in KIS. This means that the KD in principle assesses every new value, assisted by the output of the test procedures described above. A missing value or a value that is evidently incorrect will be replaced by the KD if possible, based on procedures defined by the KD. The alternative value can be based among other things on:

- linear interpolation of adjacent (correct) values in the time series;
- spatial interpolation based on synchronous values from two or more nearby stations;
- estimation of the hourly value based on the time series of 10-minute data.

Replacement is done by hand, during which every case is individually assessed.

4.3 inspection procedures

Every thermometer that has an operational function within the KNMI observation network is inspected on average twice annually by a station inspector from WM/OD. This procedure covers both the sensors at 1.50 m height and the sensors at 10 cm height. Extra interim inspections can also be carried out if the validation of the data gives cause for this. Any backup sensors used at the manned stations are also subjected to this inspection process. The observers at the stations concerned are expected to keep an eye on the margin of error in these auxiliary devices at all times.

Inspections should preferably be done:

- a) when a sensor is being placed at a new measuring station;
- b) when a sensor on site has been replaced.

In both cases, WM/OD will be informed of the forthcoming placement or replacement by Insa/MSB. Within one week of the placement or replacement, Insa/MSB will inform WM/OD about it, including sending them proof of calibration, so that an inspection can take place.

The inspection covers the following checks:

- a) Comparison of the instantaneous 12" values given by the operational sensor with the corresponding and synchronous values read at that moment by a reference thermometer (which is a Pt500 thermometer calibrated for the purpose according to the KNMI's calibration procedures, see ref. 0). A report is drawn up for all inspection visits by the station inspector. This report is distributed throughout the KNMI, according to a list of staff members concerned that has been drawn up by WM/OD/station management. The inspector will inform Insa/MSB if deviations are noted (absolute deviation $\geq 0.2^{\circ}\text{C}$) and will start discussions or make agreements for any corrective actions needed. These agreements are recorded and the inspector monitors the progress of the said agreements.
- b) Checking that the calibration period of the measuring instrument has not expired. If this is the case, then Insa/MSB will be notified so that a

replacement can be made.

- c) A visual assessment of whether the circumstances under which the measurements are made and the surroundings meet the conditions laid down (see para. 0). This is also covered in the inspection report. Depending on the situation, the station inspector will evaluate which corrective actions need to be taken to bring the various items back into line with the operational requirements. The actions may vary from an order or request that the manager of the observation site concerned should alter the site conditions, through to starting up a procedure to look for a new observation site. If there are defects in the measuring apparatus, a repair order will be sent to Insa/MSB.

5. Derivation of parameters

Temperature values are used for the determination or derivation of a number of parameters:

- a) reference to evaporation from crops according to Makkink, *inter alia* from the average diurnal temperature. See chapter 9 for a derivation
- b) maximum vapour pressure (uses among other things the temperature at a height of 1.50 m) for calculation of the dew point temperature (from relative humidity and temperature). See the derivation in chapter 4
- c) reduction of air pressure to another level, e.g. MSL. See the derivation in chapter 3
- d) determining the stability of the atmosphere from t , t_{10} and if possible the 1 σ standard deviation as well
- e) 'wet bulb' temperature (from humidity and air temperature) for use in an algorithm for determining the presence of super-cooled precipitation (*present weather*)

6 Setup requirements and conditions for the surroundings

6.1 Setup requirements and facilities

air temperature at 1.50 m height

The sensors for measuring temperature should according to the WMO be situated at a height of between 1.25 and 2.00 metres above flat ground (see ref. 0). The KNMI has adopted 150 cm as the standard height. The terrain above which the measurements are being made should be covered with short mown grass; any snow that may be present need not be removed. The measuring element may not be significantly affected by sunlight, radiation and meteorological phenomena such as precipitation, dew, frost and wind. For this reason, the measuring element is placed in a so-called “dish screen” (shaped like an inverted dish) that protects it against radiation. This casing is white on the outside and black on the inside, to minimize the influence of radiation. The space between the dishes is chosen so that sunlight and radiant heat have no effect on the measuring element and also so that the space inside the screen is suitably naturally ventilated. See ref. 0 for more detailed information about thermometer screens.



figure 2a: setup showing a dish screen at an inland station (De Bilt)



figure 2b: setup showing a dish screen at a sea station (Noordwijk measuring station)

air temperature at 10 cm height

The sensors for measuring air temperature at 10 cm height should be positioned according to the same principles as for measurement at 150 cm. The sensor is positioned in a special radiation protector, among other things due to the fact that its measurements are made close to the ground surface.

The area around the measuring equipment should be covered with very short mown grass, no more than 3 cm in height. If the site is covered in snow, then the terrain should be cleared of snow to a radius of 50 cm around the device.



figure 3: dish screen with radiation protection for 10 cm temperature

6.2 conditions relating to the surrounding and the measurement location/

representativeness of the observations

There may not be any obstacles nearby such as buildings and trees that could affect the variable being measured. These can influence the temperature by emission of radiation and so can affect the representativeness of the observation. Furthermore, the presence of such objects can lead to a kind of valley structure in which warm or cold air can be “trapped”. The temperature of the air in this “valley” can then deviate (greatly) from the air temperature in the surrounding area. In concrete terms, this means that the surrounding terrain must be sufficiently clear of building, crops and other plants being grown in the area around the observation site, in particular within a radius of:

- a) 25 m: there may be no crops and/or other plants being grown that exceed a height of 50 cm
- b) between 25 m and 50 m: there may be no crops and/or other plants being grown that exceed a height of 1.50 m
- c) 100 m: no obstacles such as trees and shrubs
- d) 400 m: no obstacles such as barns or other buildings, or woods

Any objects that are at a radius of more than 100 m must not be taller than $1/10^{\text{th}}$ the distance from that object to the measurement site

References

- World Meteorological Organization, 1996; *Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observations* (WMO No. 8, Sixth edition, WMO, Geneva, 1996)
- Meteorologische Instrumenten, Elementaire Vakopleiding Meteorologie (EVM), [*Meteorological Instruments, Elementary Professional Training in Meteorology*] module A11, J.G. van der Vliet, 1993 (KNMI document)
- Synoptische en klimatologische waarnemingen en codes, Elementaire Vakopleiding Meteorologie (EVM), [*Synoptic and climatological observations and codes, Elementary Professional Training in Meteorology*] module A4/B1, E.Chavanu, 1996 (KNMI document)
- X-SIAM-specificatie [*X-SIAM Specification*], J.R.Bijma, KNMI-Insa, KNMI document, Insa Document number ID-30-015, 1998
- Calibratieprocedures van het KNMI-IJKlaboratorium [*Calibration procedures for the KNMI Calibration Laboratory*], A. van Londen, Insa/IO, KNMI document (falls under ISO 9001)
- Het Internationale Stelsel van Eenheden (SI) [*The SI System of Units*], Nederlands Meetinstituut NMI, 1994
- KNMI-handboek meteorologische codes [*KNMI manual of meteorological codes*], 1994 edition
- International Civil Aviation Organization (ICAO), July 1999: 'Meteorological Service for International Air Navigation, International Standards and Recommended Practices', annex 3 to the convention on International Civil Aviation, 12th edition; this document is identical to World Meteorological Organization, 1995; *Technical regulations, vol. 2* (WMO No. 49; WMO, Geneva, 1998)
- Basisontwerp Vernieuwing Operationeel Klimatologisch Informatiesysteem VOKIS [*Basic Design for Renewal of the Operational Climatological Information System*], 1992, KNMI document
- Van Wylen, G.J., and R.E. Sonntag, *Fundamentals of Classical Thermodynamics* (John Wiley & Sons, New York, 1978)
- Ferdi van Kuijlen, "*Beknopte handleiding voor Waarnemingen op Zee*" [*Brief guide to Observations at Sea*] (KNMI, 2001- in press).
- H. Preston-Thomas (Comité International des Poids et Mesures), *The International Temperature Scale of 1990* (Metrologica 27(1989)3-10)
- Wylie, R.G. and T. Lalas, *Measurements of Air Temperature and Humidity* (WMO No. 759, Technical Note No. 194, WMO, Geneva, 1992)
- S. Letestu, *International Meteorological Tables* (WMO No. 188. TP. 94, WMO, Geneva, 1966)
- Wylie, R.S. and Th. Lalas, *Measurements of Temperature and Humidity* (WMO-No. 759 T.N. 194, WMO, Geneva, 1991)
- World Meteorological Organization, *Manual on Codes* (WMO No. 306; WMO, Geneva, 1995)
- World Meteorological Organization, *The Effect of Thermometer Screen Design on the Observed Temperature* (WMO No. 315; WMO, Geneva, 1971)

Contents

Chapter 3. Atmospheric Pressure

- 1 Description
 - 1.1 nomenclature of the variable
 - 1.2 definition; description of the concept
 - 1.3 units
 - 1.4 variables
 - 1.5 element codes
- 2 Operational requirements
 - 2.1 range
 - 2.2 relationship between observational resolution and reporting
 - 2.3 required accuracy
 - 2.4 required observation frequency and times
 - 2.5 data required to be present for each specific period
- 3 Instrumentation and technology used
 - 3.1 technology used and its specifications
 - 3.2 maintenance and calibration procedures
- 4 Procedures
 - 4.1 procedures on failure of automatic observations
 - 4.3 inspection procedures
- 5 Derivation of parameters reduction of pressure to another level
 - 5.1 general
 - 5.2 calculation of the station air pressure: P_0
 - 5.3 calculation of the pressure at MSL: P
 - 5.4 calculation of QNH
 - 5.5 determination of virtual temperature
- 6 Setup requirements and conditions for the surroundings
 - 6.1 setup requirements and facilities
 - 6.2 conditions relating to the surrounding and the measurement location and representativeness of the observations
- 7 References

ATMOSPHERIC PRESSURE

1. *description*

1.1 nomenclature of the variable

General name: atmospheric pressure or air pressure.

“Atmospheric pressure” is also the international nomenclature (WMO No. 8, ref. 1).

1.2 definition; description of the concept

The atmospheric pressure is the force exerted per unit area as a result of the weight of the atmosphere above the point of measurement. This pressure is thus equal to the weight of the total vertical column of air above the unit surface area.

(as per WMO No. 8, para. 3.1.1, ref.1 and WMO No. 182, A2930, ref. 16)

1.3 units

a) recognized SI unit (ref. 13)

The recognized SI unit (ref. 13) The SI unit for pressure is the Pa (pascal).

In meteorology both the air pressure and the pressure tendency (trend) are expressed in hectopascals (hPa).

1 hPa = 100 Pa; 1 Pa = 1 Nm⁻² = 1 kg.m⁻¹s⁻² (where N is in newtons; 1N = 1 kgms⁻²)

b) Non-recognized SI unit (ref. 13).

A unit that is still commonly used, but not recognized by SI, is the bar.

1 bar = 105 Pa; 1 mbar = 1 millibar = 10⁻³ bar = 100 Pa = 1 hPa.

1.4 variables

The following variables may be distinguished:

a) **The measured air pressure**

Indicator: p

The air pressure as measured is the value of the air pressure at the sensor location (and sensor height).

b) **The station air pressure**

Indicator: P₀

This variable is the air pressure derived from the measured air pressure, reduced to the official altitude of the observing station. This altitude is known as the station height or station level and is determined relative to MSL (Mean Sea Level). In the Netherlands, NAP (“Nieuw Amsterdams Peil” ~ sea level) may be used. The reduced value is determined using the weight per unit area of a column of air between sensor level and station level. The height of this column is traditionally approx. 1.50 metres. On aviation sites (aerodromes and heliports), the height above MSL of the operational runway or the actual airfield site itself is relevant. In the case where the absolute difference between this height and the official station height is more than 2m, the station air pressure P₀ is determined by reducing the measured air pressure *p* to this height rather than to the official station height (in compliance with annex III of the convention on International Civil Aviation (ICAO), para. 4.11.3, ref. 4). It is also possible for the height above MSL described above to be higher than the sensor height above MSL, so that the reduction is actually negative: P₀ < *p*.

QFE

In synoptic reporting (SYNOP) and the reporting for aviation purposes (METAR), the station air pressure is indicated using the code QFE. QFE is the same as P_0 , in accordance with aviation regulations 3012, art. 1 (ref. 17).

c) **Air pressure, reduced to sea level**

Indicator: P: This variable is the air pressure derived from the station air pressure P_0 , reduced to MSL using a fixed factor. This factor can be obtained by adding the weight per unit area (or subtracting it in cases where the station lies below sea level) of the (virtual) column of air between station level (or airfield level or runway level as the case may be) and sea level to P_0 .

The (virtual) column of air is taken to be affected by the actual atmospheric circumstances at the locality of the station (that is, the current air temperature at 1.50 m height and the current air pressure P_0). At MSL (applicable to Dutch stations and to the stations on the North Sea), the reduction is based on approx. 0.125 hPa/m. The basis for the calculation for this reduction is given in para. 5.

Remarks:

where the stations belonging to the North Sea measurement network are concerned, the reduction is based on the height of the landing platform relative to MSL and therefore to the actual air column between the platform and the sea surface.

The acronym QFF is also used in the Netherlands for the air pressure P reduced to MSL. This term is however not registered as such in the national and international regulations. This is just ICAO jargon.

The term “correction factor” may not be used for derivation factors. Correction factors may only be used for correcting/validating measured values.

QNH

According to the international regulations (ICAO), the term *QNH* is used for adjusting the sub-scale of an altimeter in an aircraft. In this scale, the relationship between altitude and air pressure is used according to a defined formula, the ICA standard atmosphere, namely: $QNH = A + B \times QFE$. (Refs. 2, 22)

The factors A and B are only dependent on the station geopotential height. Because of the simple basis for calculation and since the reduction factor is small in the Netherlands (<1.04), it has become customary to take QNH to be “QFE reduced to MSL in the ICAO standard atmosphere” (aviation regulations 3012, art 1; ref. 17), as an alternative for P . Since the difference between QNH and P is smaller than the permissible margin of error in the measurements, they can be used interchangeably.

d) **Air pressure change (tendency)**

Indicator: a and p.

This variable is reported in the SYNOP (see para. 1.5).

A distinction is made between:







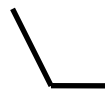


p: the size of the change in a particular time period (3 hours). This is actually based on the absolute difference between the value of P_0 three hours ago and the current value of P : $P_0(t) - P_0(t-3H)$.

a: the characteristic of the change during this period (for example, continually rising or first rising then dropping, etc.), represented with a code digit from 0 to 8. The definition of this characteristic assumes a continuous registration of pressure values.

The definition of the code digit is given in the table below and has been taken from the Handbook of Meteorological Codes (ref. 14). In accordance with the WMO “Manual on Codes” (ref. 18), the pressure tendency should be determined using pressure measurements

that are made at fixed times with equal intervals between them of no more than one hour. Although the WMO "Manual on Codes" (ref. 18) refers to the "CIMO Guide" (ref. 1) for the algorithms, there is as yet no mention of them there. The algorithm published in WMO documents that does seem to be the most suitable comes from L. Bergman (SMHI, see ref. 19). The method for determining a from equal time intervals of one hour is given in the table below. This uses pressure measurements p_0 , p_1 , p_2 and p_3 , i.e. the current pressure and the pressure values from one, two and three hours ago respectively.

Definition and method for determining the pressure tendency

Code digit	Descriptions	Graphical representation	$p_0 - p_3$	$p_0 + p_3 - p_1 - p_2$	$p_0 - p_1$
0	air pressure is the same as or higher than three hours earlier	rising, then falling 	+	-	-
			0	-	+, 0, -
1	air pressure is higher than three hours earlier	rising, then steady 	+	-	+, 0
2	air pressure is higher than three hours earlier	rising (steadily or irregularly) 	+	0	+, 0, -
3	air pressure is higher than three hours earlier	falling or steady, then rising; or rising, then rising more rapidly 	+	+	+, 0, -
4	air pressure is the same as three hours earlier	steady 	0	0	+, 0, -
5	air pressure is the same as or lower than three hours earlier	falling, then rising 	0	+	+, 0, -
			-	+	+
6	air pressure is lower than three hours earlier	falling, then steady; or falling, then falling more slowly 	-	+	0, -
7	air pressure is lower than three hours earlier	falling (steadily or irregularly) 	-	0	+, 0, -
8	air pressure is lower than three hours earlier	rising or steady, then falling 	-	-	+, 0, -

+: result > 0, -: result < 0.

1.5 element codes

The coding used for pressure values in the SYNOP and METAR reports is defined in the KNMI manual of meteorological codes (ref. 14). A good guideline for this is module A4/B1 ("Observing") of the Elementary Professional Training in Meteorology (see ref. 6, chapter 8).

Relevant groups in the synoptic weather report from a fixed land-based station, FM 12-X SYNOP:

- Station air pressure: $3P_0P_0P_0P_0$, pseudo code: QFE
The value of $P_0P_0P_0P_0$ is given in 0.1 hPa, reduced by 1000.0 hPa if $P_0P_0P_0P_0 > 1000$.
Examples: 39822: $P_0 = 982.2$ hPa, 30201: $P_0 = 1020.1$ hPa.
- Air pressure, reduced to MSL: coding 4PPPP, pseudo code: QFF
The value of PPPP is given in 0.1 hPa, reduced by 1000.0 hPa if $PPPP > 1000$, i.e. analogous to $3P_0P_0P_0P_0$.
- Air pressure change: coding 5appp
a: characteristic of the air pressure change: nine types are distinguished, indicated by the digits $a = 0$ through 8 (see section 1.4).
ppp: value of the absolute air pressure change in the previous three hours. The value is in 0.1 hPa.

Some examples:

- appp = 2008: air pressure rising (steadily or irregularly) over the last 3 hours. The rise is 0.8 hPa
- appp = 5002: pressure falling, then rising, but lower than 3 hours ago. The fall is 0.2 hPa
- appp = 8013: pressure rising or steady, then falling; or falling, then falling more rapidly; pressure lower than 3 hours ago. The fall: 1.3 hPa.

Relevant group in the weather report for aviation purposes, FM 15-IX Ext. METAR:

- air pressure, reduced to MSL, calculated according to the ICAO standard atmosphere: coding $QP_HP_HP_HP_H$, pseudo code: QNH
The value is in whole hPa.
Examples: Q1022: QNH = 1022 hPa
Q0987: QNH = 987 hPa
NB: pressure values in the METAR are not rounded off to whole hPa, but truncated; so $P_H = 987.8$ hPa becomes Q0987.

2 *Operational requirements*

2.1 range

The operational range for observations of the pressure reduced to MSL are given by the WMO as $P = 920$ to 1080 hPa (references 1 and 3). Because of the relatively small difference in altitude between station height and MSL in the Netherlands (or in the North Sea), the chance of the measured air pressure P or P_0 being less than 940 hPa or greater than 1060 hPa is zero, judging by observations in the past. The operational range for observations of air pressure is therefore 940.0 to 1060.0 hPa.

2.2 relationship between observational resolution and reporting

The resolution required in the observation of air pressure is based on the resolution required in the reporting of synoptic meteorology and in the local messages for airports and heliports. This is 0.1 hPa (in accordance with WMO, refs. 14, 18). This resolution is consistent with the defined margin of uncertainty in the observations (ref. 1).

The resolution of the air pressure presented in the METAR reports is in whole hPa (as per ICAO, ref. 4).

2.3 required accuracy

International regulations concerning the use of words and concepts such as accuracy, uncertainty and hysteresis are set down in the "International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology" (publ. ISO; see ref. 20).

- The uncertainty (margin of error) in the air pressure as measured should not be greater than 0.1 hPa (as per WMO, ref. 1).
- The required operational accuracy in the air pressure for P and P_0 in the synoptic reporting (SYNOP) is 0.3 hPa (as per WMO, ref. 1).
- The required operational accuracy for the air pressure change in the synoptic reporting (SYNOP) is 0.2 hPa (as per WMO, ref. 1).
- The required accuracy for the air pressure for use in internal reporting at an airport or heliport is 0.1 hPa.
- The required operational accuracy for the air pressure in reporting for aviation meteorology (METAR) is 0.5 hPa (as per ICAO, ref. 4).

2.4 required observation frequency and times

1' average

In accordance with the WMO guidelines (refs. 1 and 18), the reporting should be done based on 1-minute average values.

These averages always refer to the arithmetic mean of the continuous observations in the previous period, in this case one minute. Given the slow rate of change in pressure measurement, a 1' average based on five previous 12-second measurements is sufficiently accurate, which is a suitable method for data acquisition using digital systems (such as the SIAM).

Example: the 1' value at time 14:08:00 is the average of the instantaneous values at the times 14:07:12, 14:07:24, 14:07:36, 14:07:48 and 14:08:00.

10' average

Although hourly (SYNOP) and half-hourly (METAR) reporting is as yet still the norm, there is a clear international development under way towards presentation of the data at a resolution of 10 minutes. In order to comply with this, generation of 10' averages and the associated standard deviations is desirable. These parameters are incidentally a useful tool for validation of the actual measurements. The sampling frequency should be sufficiently high for the standard deviation to be determined when digital instruments are used. In the case of pressure, 12-second samples are suitable.

Example: the 10' value at time 13:20:00 is the average of the 50 instantaneous values at the times 13:10:12, 13:10:24, 13:10:36 and so forth through to 13:20:00.

hourly value for air pressure (SYNOP)

The pressure value at 10 minutes before the whole hour, averaged over the previous minute, is used for determining or deriving the pressure values $P_0P_0P_0P_0$ and PPPP in the hourly SYNOP. This observation moment is within the period that has been set (internationally) for performing the SYNOP observation (approx. 15 minutes before the hour up to no later than 2 minutes before the hour, see also ref. 6).

hourly value for pressure change (SYNOP)

This is the absolute difference between the current hourly SYNOP air pressure value $P_0P_0P_0P_0$ and that of 3 hours ago.

half-hourly air pressure value in the METAR

The timestamp for the METAR report is precisely 5 minutes before the whole hour or precisely 5 minutes before the half hour. The air pressure value in the METAR (QNH) $P_HP_HP_HP_H$ is derived from the 1' average pressure value at exactly 5 minutes before the time of the METAR message, i.e. exactly 10 minutes before the whole hour or 10 minutes before the half hour.

Example: QNH at 10:25 UTC is the 1-minute average reduced to MSL calculated over the period 10:19:00 to 10:20:00 (in accordance with derivation using the ICAO standard atmosphere).

2.5 data required to be present for each specific period

An average over a given period of time can be based on the 12" measured values that are available (not "////"). Given the nature of air pressure as a parameter and its relatively gradual rate of change per unit time, a 100% availability of the 12" measured values during the time period in question is not required for (operationally) determining a 1-minute or 10-minute average. Minimum requirement: a single 12" value in the time period concerned.

Presentation of a quality factor is desirable, in which the number of available measured values is given. See e.g. ref. 10.

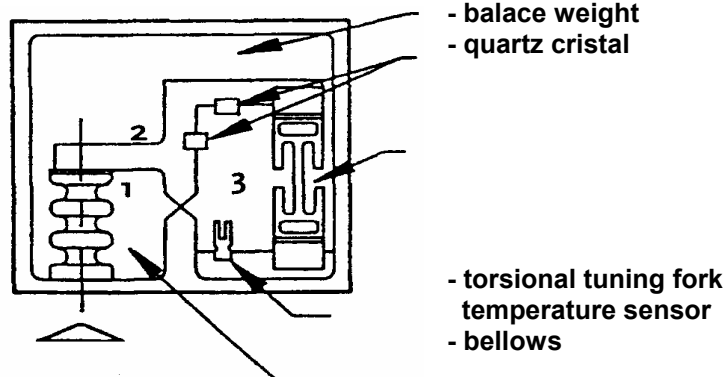
3. Instrumentation and technology used

3.1 technology used and specifications

- **standard measuring instrument**

The digital barometer Paroscientific (model 1015A) is used by the KNMI as the operational measuring instrument in observation stations. The uncertainty in the measurement using this instrument under laboratory conditions is 0.03 hPa, i.e. better than the operationally required margin of error of 0.1 hPa. The measuring range of the measurement system (instrument, including SIAM) is 940.0 to 1060.0 hPa, in accordance with the range chosen by the KNMI for operational pressure observations. (References ref. 5 and ref. 8)

- internal vacuum



digital barometer (Paroscientific 1015A)

Description and operation of the Paroscientific 1015A:

The barometers uses a "Digiquartz Pressure Transducer", based on a resonator made of thin quartz crystal (3). This piezo-electric material is brought into an excited state using an alternating current and made to resonate.

The resonant frequency is the determined. This is actually a function of the mechanical pressure that is applied using a balance (2) and the device for transferring the atmospheric pressure to the crystal (1). The harmonics are also measured in addition to the basic resonant frequency; this allows calculations to be made to eliminate the effect of temperature (references: ref. 12 and ref. 15).

- **backup measuring device**

At manned stations where there is only one operational standard measuring instrument, there is also a backup instrument (model: Negretti & Zambra type MK2) for moments when the former is not available. This is operated manually to determine p . P_o and P are then derived using the derivation instructions given later in this document (see also 4.1). The margin of error for this instrument is 0.3 hPa.

3.2 maintenance and calibration procedures

The measuring instruments must meet the accuracy requirements. This means that they require periodic maintenance during which the instruments are checked and adjusted at intervals determined through experience and are calibrated to ensure that they meet the requirements that have been laid down. A calibration certificate is registered, in which the reference measurement values can be entirely reduced to a standard recognized by the RvA (*Accreditation Council*). (ref. 15) The KNMI department Insa is responsible for the procedures, which are embodied in the KNMI calibration laboratory's ISO 9001 procedures for calibration. (ref. 7)

4. Procedures

4.1 procedures on failure of automatic observations

The SYNOP and METAR reports are not filled in when the automatically generated values are absent. At manned stations where backup equipment is present, the observations from these devices may be used as an alternative (only for local use). Deviations from this rule are only possible in exceptional circumstances.

4.2 procedures for subsequent validation of pressure values

The KNMI's Climatological Information System (KIS) contains archived observations of air pressure reduced to sea level (P) and air pressure change at sea level (a, p ; see code appp) for stations on land and at sea. Data input into this system is done daily and uses the hourly values from the previous day (hourly periods $h = 00$ to 23 UTC). All values that are entered into KIS are subjected daily to automated checking procedures that are programmed into the system. The following procedures are carried out for each station:

- test for the presence of $P_h = P$ and $AP_h = ap$ (KIS encoding), where
 - P_h : value of P at hour h
 - AP_h : a_h and p_h : code a and value p at hour h , one after the other
- for each value P_h :
 - a) if $\text{abs}[P_h - P_{h-1}] > 4.0$ hPa then treat as "suspect";
 - b) if $P_h > 1060.0$ hPa then treat as "suspect";
 - c) if $P_h < 940.0$ hPa then treat as "suspect".
- for each value of P_h in AP_h , represented as p_h :
- if $|p_h - |P_h - P_{h-3}|| > 0.3$ hPa then treat as "suspect".

The WM/OD department will be informed if suspicious observations are noted. Based on this, steps can be taken such as maintenance (by Insa/MSB).

The KNMI's Climatological Service division (WM/KD) is responsible for the validity of the pressure values finally stored in KIS.

This means that the KD in principle assesses every value, assisted by the output of the test procedures described above. A missing value or a value that is evidently incorrect will be replaced by the KD if possible, based on procedures defined by the KD.

The alternative value can be based among other things on:

- a) linear interpolation of adjacent (correct) values in the time series;
- b) spatial interpolation based on synchronous values from two or more nearby stations;
- c) estimation of the hourly value based on the time series of 10-minute measurement data (10' averages).

Replacement is done by hand, during which every case is individually assessed

4.3 inspection procedures

Every barometer that has an operational function within the KNMI observation network is inspected on average twice annually by a station inspector from WM/OD. Extra interim inspections can also be carried out on request by WM/KD if the validation of the data gives cause for this. The backup sensors used at the manned stations are also subjected to this

inspection process. The observers at the stations concerned are expected to keep an eye on the margin of error in these auxiliary devices at all times.

Inspections should preferably be done:

- a) when a barometer is being placed at a new measuring station;
- b) when a barometer on site has been replaced.

In both cases, WM/OD will be informed in advance using a timing plan of the forthcoming placement or replacement by Insa/MSB. Within one week of the placement or replacement, Insa/MSB will inform WM/OD about it, including sending them proof of calibration, so that an inspection can take place.

The inspection covers the following checks:

- a) Comparison of the instantaneous 12" pressure values given by the sensor with the corresponding and synchronous pressure value read at that moment by a reference barometer (which is a Paroscientific type 760 digital barometer, calibrated for the purpose according to the KNMI's calibration procedures, see ref. 7). A report is drawn up for all inspection visits by the station inspector. This report is distributed throughout the KNMI, according to a list of staff members concerned that has been drawn up by HOD. The inspector will inform Insa/MSB if deviations are noted (absolute deviation greater than 0.2 hPa) and will start discussions or make agreements for any corrective actions needed. These agreements are recorded and the inspector monitors the progress of the said agreements.
- b) Checking that the calibration period of the measuring instrument has not expired. If this is seen to be the case, then Insa/MSB will be notified so that a replacement can be made.
- c) A visual assessment of whether the circumstances under which the measurements are made and the surroundings meet the conditions laid down (see para. 6). This is also covered in the inspection report. Depending on the situation, the station inspector will evaluate which corrective actions need to be taken to bring the various items back into line with the operational requirements. The actions may vary from an order or request that the manager of the observation site concerned should alter the site conditions, through to starting up a procedure to look for a new observation site. If there are defects in the measuring apparatus, a repair order will be sent to Insa/MSB.

5. *Derivation of parameters reduction of pressure to another level*

5.1 General

The WMO recommends a derivation formula for reducing the p -value measured by the sensor to the pressure at sea level, P_0 (see ref. 21). A simpler formula may be used for stations that are virtually at sea level, as long as the result does not mean that the

uncertainty exceeds 0.2 hPa. This applies to virtually the whole of the Netherlands as well as the North Sea, and this simplified method is used nationwide.

In accordance with the WMO guidelines (ref. 1, para. 3.11.2), the reduction of the air pressure at level 1 in a vertical direction to level 2 can be done for the stations in the Netherlands both on land and at sea using the following derivation formula:

$$\Delta p = p(h_2) - p(h_1) = - \left(\frac{p(h_1)}{29.27} * \frac{\Delta h}{T_v} \right); \Delta h = h_2 - h_1 \quad (1)$$

- p_1 is the value of the air pressure at level 1 (hPa)
- p_2 is the synchronous value of the air pressure at level 2 (hPa)
- Δh is the vertical distance between the two levels, $h_2 - h_1$ (m)
- T_v is the "virtual" temperature at the location concerned (level 1) (K)
- 29.27 is a constant that is determined by the density of air, according to the ideal gas law for dry air. (m/K)

NB: the so-called "virtual temperature" of air (as measured, including water vapour) is equal to the temperature of dry air (i.e. without water vapour) at the same pressure and the same density as the air with the water vapour (ref. 1, para. 3.11.2) at the current temperature T .

5.2 Calculation of the station air pressure: P_0

The calculation of P_0 (= QFE) is based on the formula described above (1).

$$P_0 = p + \left(\frac{p}{29.27} * \frac{\Delta h}{T^*} \right) \quad (2)$$

- p is the air pressure measure by the sensor (point value or average value) (hPa)
- Δh is the height of the sensor minus the station altitude (or platform height or touchdown altitude, see 1.4) (m)
NB: Δh is not necessarily the same as the height of the sensor above ground level! Δh can also have a negative value.
- T^* is the average of the current 1.5 m air temperature and the 1.5 m air temperature 12 hours ago (K)
(see comments about the determination of T under 5.5)

5.3 Calculation of the pressure at MSL: P

The calculation of P is based upon formula (1), working from the current actual atmospheric conditions.

$$P = P_0 + \left(\frac{P_0}{29.27} * \frac{H}{T^*} \right) \quad (4)$$

- P_0 is the calculated air pressure at station altitude (or platform height or touchdown altitude)
- H is the station altitude relative to MSL (or platform height above MSL, or touchdown altitude above MSL) (m)
- T is the average of the current 1.5 m air temperature and the 1.5 m air temperature 12 hours ago (Kelvin)
(see comments about the determination of T under 5.5)

5.4 Calculation of QNH

The calculation of QNH is different from the calculation of P, since the ICAO standard atmosphere is used (ref. 2). As previously, a simplified derivation formula has been chosen for use in the Netherlands, because H is small:

$$QNH = P_0 + \left(\frac{1013.25}{29.27} * \frac{H}{288.15} \right) = P_0 + 0.12014 * H \quad (3)$$

- 1013.25 is the assumed air pressure at MSL (standard) (hPa)
- H is the station altitude relative to MSL (or platform height above MSL, or touchdown altitude above MSL) (m)
- 288.15 is the assumed temperature of dry air at MSL (= 15°C) (Kelvin)
- 29.27 is a constant that is determined by the density of air, according to the ideal gas law for dry air

5.5 Determination of virtual temperature

The average temperature over the last 12 hours is a good approximation for the virtual temperature as required by the derivation formulae. For this purpose, the average of the current air temperature and the air temperature 12 hours ago is taken in principle. The following procedure has been adopted:

- a) the current value of the (1.5 m) air temperature is used for the “current air temperature”; this value is in principle no older than 1 hour;
- b) The value of the (1.5 m) air temperature that is 12 hours older than the current value is used for the “air temperature 12 hours ago”; if this value is not available, then the oldest value present for the (1.5 m) temperature is used;
- c) it may be the case that there is only one value for the (1.5 m) temperature available in the period concerned (as per criteria a) and b). In that case, no averaging is done and that value is used directly in the derivation formulae;
- d) if there are no air temperature values at all (as per criteria a) and b) available in the period concerned, then the average temperature for the month will be used as a standardized value, with a distinction being made between the stations on land and at sea (see table)
- e)

Month	A	B
01	2.2	5

02	2.5	5
03	4.9	5
04	7.9	7
05	12.1	10
06	15.0	13
07	16.6	15
08	16.7	16
09	14.1	14
10	10.6	12
11	6.1	9
12	3.3	6

- column A:
monthly values (1.5 m) for air temperature for all inland and coastal stations in °C (ref. 11)

- column B:
monthly air temperature values for stations on the North Sea in °C (standard data based on the period from 1961 to 1980, information from the Climatological Service, Maritime Affairs).

NB:

On stations in the North Sea, the temperature and the atmospheric pressure are not measured at approx. 1.5 m above MSL, but at the height of the platform. The air temperature and air pressure as measured are taken to be equal to those at station altitude.

6. Setup requirements and conditions for the surroundings

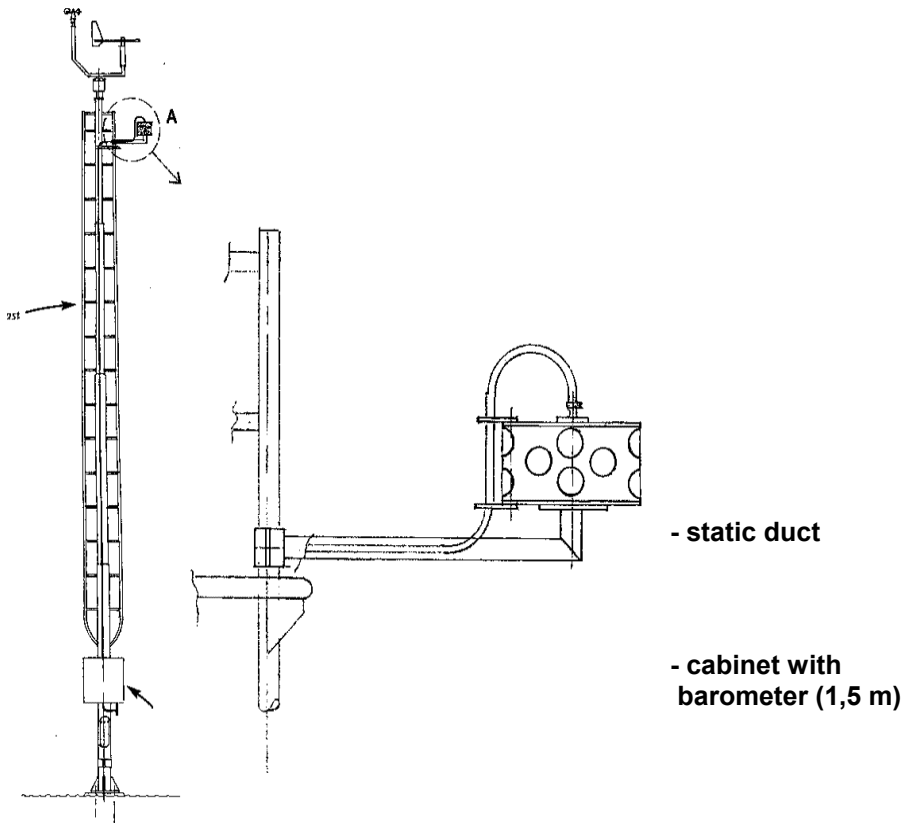
6.1 General

Wind can affect pressure measurements significantly. Not only are measurement errors of more than 1 hPa then possible, but large fluctuations in pressure can also occur (see ref. 23). Measurements made inside buildings in particular suffer from this (pressure accumulation or suction effect). Measurements are therefore made in an environment in which this effect is kept as small as possible by using what is known as a “static tube”.

6.2 Setup requirements and facilities:

Qualitative requirements concerning the setup of the measuring equipment in an operational observing station are:

- a) the air must be undisturbed, i.e. the pressure measurement may not be affected either by air turbulence as a result of the wind or as a result of objects passing nearby;



mast erection (10 m)

- b) there may not be any effect on the pressure observation due to wind or turbulence as a consequence of the “roughness” of the surrounding area or free-standing objects; (sudden) effects on the air temperature and thereby on the pressure observation must be avoided, for example due to sunlight, artificial lighting, heating equipment, etc.
- c) the equipment setup must be free of vibrations.

The setup requirements relate to both the operational instrument and any backup barometer. (Ref. 5)

This is achieved by placing the pressure sensor in a special housing that is connected to a so-called “static tube”. The entrance to this tube should be positioned in such a way that the chance of the effects mentioned above occurring is minimal. Any disruptive effects that may occur can be damped as much as possible by choosing a suitable length for the tube.

One suitable method is to attach the pressure sensor and static tube to the wind mast, so that the sensor is positioned about 1.5 metres above the ground with the entrance to the static tube at a height of around 8 metres above ground level (the influence of the wind mast on the pressure field and thereby on the representativeness of the observation is zero).

If such an arrangement is not possible – for example because there is no wind mast present or in the case of the backup measurement equipment – then measurement conditions should still be created that meet the above requirements.

A more detailed discussion is given in ref. 24 (KNMI equipment setup conditions for air pressure measurement).

6.3 Conditions relating to the surrounding and the measurement location and representativeness of the observations

In order to ensure the representativeness of the observations, no permanent or mobile obstacles may be present in the direct vicinity of the measurement location:

- a) the distance from the measurement equipment to the nearest permanent large objects such as buildings, trees, edges of woodland, etc. should be at least five times the height of the object concerned, for example: the distance to a 15-metre high building should be at least 75 metres;
- b) the distance to moving objects (whether regularly occurring or *ad hoc*) should be at least 200 metres (cf. vehicular traffic or aircraft taking off or landing on a runway).

References

- 6 World Meteorological Organization, 1996: WMO No. 8, Guide to meteorological instruments and methods of observations, 6th edition, 1996 (in particular Chapter 3); WMO, Geneva, 1996.
- 7 World Meteorological Organization, 1973, International Meteorological Tables, WMO No. 188 (in particular table 3.9 concerning the ICAO standard atmosphere); WMO, Geneva, 1973.
- 8 Statement of operational accuracy requirements of level II data, according to WMO codes SYNOP, SHIP, METAR and SPECI; Annex X to WMO No. 807 (CIMO XI)

- 9 International Civil Aviation Organization 1998: Meteorological Service for International Air Navigation, International Standards and Recommended Practices, Annex 3 to the Convention on International Civil Aviation, 13th edition; ICAO, Montreal, Canada, 1998.
- 10 KNMI, 1993: Meteorologische Instrumenten, Elementaire Vakopleiding Meteorologie (EVM) [*Meteorological Instruments, Elementary Professional Training in Meteorology*], module A11, J.G. van der Vliet; KNMI, De Bilt, 1993.
- 11 KNMI, 1996: Synoptische en klimatologische waarnemingen en codes, Elementaire Vakopleiding Meteorologie (EVM) [*Synoptic and climatological observations and codes, Elementary Professional Training in Meteorology*], module A4/B1, E.Chavanu; KNMI, De Bilt, 1996.
- 12 KNMI, 1994: Calibratieprocedures van het KNMI-IJklaboratorium volgens ISO-9001 [*ISO-9001 Calibration procedures for the KNMI Calibration Laboratory*], A. van Londen, Insa/IO; KNMI, De Bilt, 1994.
- 13 KNMI, 1994: XP1-SIAM Paroscientific, J.R.Bijma, KNMI-Insa, KNMI document, Insa Document number ID-30-010; KNMI, De Bilt, 1994.
- 14 KNMI, 1992: Basis ontwerp Vernieuwing Operationeel Klimatologisch Informatiesysteem VOKIS [*Basic Design for Renewal of the Operational Climatological Information System*], 1992; KNMI document.
- 15 KNMI 1997: X-SIAM-specificatie [*X-SIAM Specification*], J.R.Bijma, KNMI-Insa, KNMI document, Insa Document number ID-30-015; KNMI, De Bilt, 1997.
- 16 KNMI 1992: Klimatologische gegevens van Nederlandse stations: normale en extreme waarden van de 15 hoofdstations voor het tijdvak 1961-1990 [*Climatological data for stations in the Netherlands: normal and extreme values for the 15 main stations in the period 1961 to 1990*], KNMI publication number 150-27; KNMI, De Bilt, 1992
- 17 Paroscientific; 1994: Fiber-optic Pressure Sensors with 0.01% accuracy, J.M. Paros, Redmond, WA, USA.
- 18 Nederlands Meetinstituut, 1994; Het Internationale Stelsel van Eenheden (SI) [*The SI System of Units*]; NMI, Delft 1994.
- 19 KNMI, 1994: Handboek Meteorologische Codes [*KNMI manual of meteorological codes*]; KNMI, De Bilt, 1994-1999.
- 20 World Meteorological Organization, 1992: The WMO Automatic Digital Barometer Intercomparison, Instruments and Observing Methods Report no.46, WMO/TD No.474; WMO Geneva, 1992.
- 21 World Meteorological Organization, 1992: International Meteorological Vocabulary, WMO No. 182, second edition; WMO, Geneva, 1992.
- 22 Luchtvaartvoorschriften [*Aviation Regulations*]; Staatsuitgeverij, The Hague.
- 23 World Meteorological Organization, 1995: Manual on Codes, WMO No. 306; WMO, Geneva, 1995.

- 24 WMO, 1985; Pressure Tendency and Discontinuity in Wind; L. Bergman *et al*, SMHI; in: Instruments and Observing Methods Report No. 22, WMO/TD No. 50; WMO, Geneva, 1985.
- 25 International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology, publ. ISO 1993.
- 26 World Meteorological Organization, 1954: Reduction of Atmospheric Pressure, WMO No. 36. TP. 12, Technical Note No. 7; WMO, Geneva, 1954.
- 27 International Civil Aviation Organization, 1993: Manual of the ICAO Standard Atmosphere, ICAO Doc. 7488/3; ICAO, Montreal 1993.
23. Liu, H. en G.L. Darkow, 1989: Wind Effect on Measured Atmospheric Pressure, J. Atmosph. Ocean. Techn. 6 (1989) 5.
24. KNMI/INSA, 1990: Opstelcondities voor Luchtdrukmeting [*Equipment setup conditions for air pressure measurement*], SgINSA resolution 90/10 of 14th June 1990.

Contents

Chapter 4. Humidity

- 1 Description
 - 1.1 nomenclature of the base variables
 - 1.2 definition; description of the concepts
 - 1.3 variables and units
 - 1.4 element codes
- 2 Operational requirements

- 2.1 range
- 2.2 relationship between observational resolution and reporting
- 2.3 required accuracy
- 2.4 required observation frequency and times
- 2.5 data required to be present for each specific period
- 3 Instrumentation and technology used
 - 3.1 technology used and its specifications
 - 3.2 maintenance and calibration procedures
- 4 Procedures
 - 4.1 procedures on failure of automatic observations
 - 4.2 procedures for subsequent validation of humidity values
 - 4.3 inspection procedures
- 5 Derivation of other parameters: calculation of the dew point temperature T_d
 - 5.1 general
 - 5.2 calculation of the saturation vapour pressure
 - 5.3 calculation of the vapour pressure: e
 - 5.4 calculation of the dew point temperature T_d
 - 5.5 calculation of RH from t and T_d
- 6 Setup requirements and conditions for the surroundings
 - 6.1 setup requirements and facilities
 - 6.2 conditions relating to the surrounding and the measurement location and representativeness of the observations
- 7 References

4 HUMIDITY

1. Description

1.1 *nomenclature of the base variables*

Nomenclature (also the international indicator):

- relative humidity
 - dew point temperature
- (WMO No.8, ref. 1)

1.2 *definition; description of the concepts*

Relative humidity (RH) is calculated from the vapour pressure (e) and the saturation vapour pressure (e_s) at the prevailing temperature (T).

The vapour pressure is the pressure exerted by the water vapour molecules present in the atmosphere. This pressure is a component of the total air pressure.

The saturation vapour pressure is the vapour pressure at which the air is in equilibrium with a water or ice surface. A higher vapour pressure is not possible under the given conditions because the water vapour will condense, i.e. there will be a transition from the gaseous phase (or vapour phase) to a liquid phase.

The saturation vapour pressure depends among other things on the temperature.

For air at temperature T and vapour pressure e :

$$RH = e / e_s(T) * 100\%$$

The dew point temperature (T_d) is the temperature to which the air must be cooled - with other conditions remaining unchanged - in order to achieve complete saturation of the water vapour present in the air.

Reference: WMO No.8, par.4.1.1, ref 1

1.3 variables and units

The units used are in accordance with the internationally accepted SI system of units (ref. 12).

a) vapour pressure and saturation vapour pressure: hPa
1 hPa = 100 Pa; 1 Pa = 1 N/m² (N is newton: 1 N = 1 kg.m/s²)

b) relative humidity: %

c) dew point temperature: K (derived unit: °C)

According to SI (ref. 12), the recognized unit of temperature is the kelvin (K).

1 Kelvin (1K) is the fraction 1/273.16 of the temperature of the triple point of water (measure in K).

As well as this Kelvin temperature, the Celsius temperature is also used. According to SI (ref. 12), the recognized unit for this temperature is the degree Celsius (°C).

The relationship between the Celsius temperature (t) and the Kelvin temperature (T) is: $t = T - 273.15$

An interval of 1 degree Celsius (1°C) is equal to 1K.

Reference: WMO No.8, par. 4.1.2, ref 1.

1.4 element codes

The following symbols are used:

- relative humidity: RH (WMO and WM/KD use U as the symbol)
- dew point temperature: T_d
- vapour pressure: e (WM/KD uses EE as the symbol)
- saturation vapour pressure: e_s

The coding used for hourly values of the dew point temperature in the SYNOP and METAR reports is in accordance with the KNMI manual of meteorological codes (ref. 14). Reference can also be made here to module A4/B1, Waarnemen (*Observing*) of the Elementary Professional Training in Meteorology (ref. 4).

The code for dew point temperature in the SYNOP: 2s_n T_dT_dT_d

$s_n = 0$: value $\geq 0^\circ\text{C}$

$s_n = 1$: value $< 0^\circ\text{C}$

Examples: 20117: dew point temperature $T_d = +11.7^\circ\text{C}$

21042: dew point temperature $T_d = -4.2^\circ\text{C}$

The code for dew point temperature in the METAR is $T'_d T'_d$. The dew point temperature in the METAR is given in whole degrees Celsius. A negative dew point temperature is preceded by the letter M (=minus).

Examples:

dew point temperature $T_d = 19^\circ\text{C}$ becomes: $T'_d T'_d = 19$

dew point temperature $T_d = -6^\circ\text{C}$ becomes: $T'_d T'_d = M06$

2. Operational requirements

2.1 *range*

The respective operational ranges for observations of relative humidity and dew point temperature are:

- relative humidity: 5 - 100%
- dew point temperature: < -60 to +35°C

This is in accordance with the WMO standard: ref. 1 and ref. 2.

2.2 *relationship between observational resolution and reporting*

Synoptic meteorology and climatology require a resolution of 1% in the observation of relative humidity and a resolution of 0.1K (or 0.1°C) in the observation of dew point temperature.

These items are in accordance with the WMO standard: ref. 1 and ref. 2.

The resolution of the dew point temperature in the METAR report is 1K or 1°C.

This is in accordance with the ICAO guidelines: ref. 15.

2.3 *required accuracy*

International regulations concerning the use of words and concepts such as accuracy, uncertainty and hysteresis are set down in the "International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology" (publ. ISO; see ref. 16).

- The uncertainty (margin of error) in the dew point temperature as measured or calculated should not be greater than 0.5K (as per WMO, ref. 1).
- The uncertainty (margin of error) in the relative humidity as measured or calculated should not be greater than 3% (as per WMO, ref. 1).
- The required operational accuracy for the dew point temperature in synoptic reporting (SYNOP) is 0.5K (as per WMO, ref. 1).
- The required operational accuracy for the relative humidity in synoptic reporting (SYNOP) is:
 - 5% (if $RH \leq 50\%$) and 3% (if $RH > 50\%$)
 - (as per WMO, ref. 1 and ref. 2).
- The required operational accuracy for the dew point temperature in reporting for aviation meteorology (METAR) is 1K (as per WMO, ref. 1 and ICAO, ref. 15).

2.4 required observation frequency and times

1-minute average

Registration of the 1-minute values of relative humidity and dew point temperature respectively provides the basis for all the necessary derivations and for all the reports in the messages (as per WMO, ref. 1).

In order to achieve this, the SIAM registers the instantaneous value of the relative humidity and dew point temperature respectively every 12 seconds. Furthermore, the SIAM calculates the average value over the last minute every 12 seconds, as the arithmetic mean of five 12-second registrations (this includes the most recently recorded instantaneous value).

In systems that store data over a 10-minute period, such as the local data storage in an AWS, the 1-minute average is recorded every 10 minutes, calculated using this method with the data from the last minute.

Example: the 1-minute value at time 14:10:00 is the arithmetic mean of the momentary values at the times 14:09:12, 14:09:24, 14:09:36, 14:09:48 and 14:10:00.

(NB in practice there will always be a processing time, varying from about 5 to 17 seconds; the “instantaneous” value is in fact “instantaneous plus the processing time”)

hourly value for dew point temperature (SYNOP)

The 1-minute average value for the dew point temperature as recorded at precisely 10 minutes to the whole hour (i.e. the 1-minute average over the period from 11 minutes before the whole hour through to exactly 10 minutes before the whole hour) is used as the dew point temperature T_d (code $2s_n T_d T_d T_d$) in the hourly SYNOP. This observation moment is within the period that has been set (internationally) for performing the SYNOP observation (approx. 15 minutes before the hour up to no later than 2 minutes before the hour, see also ref. 4).

half-hourly dew point temperature value in the METAR

The timestamp for the METAR report is precisely 5 minutes before the whole hour or precisely 5 minutes before the half hour. The dew point temperature value in the METAR (code $T'_d T'_d$) is derived from the 1-minute average value at exactly 5 minutes before the time of the METAR message, i.e. exactly 10 minutes before the whole hour or 10 minutes before the half hour. Example: $T'_d T'_d$ at 10:25 UTC is the 1-minute average temperature over the period 10:19 to 10:20.

2.5 data required to be present for each specific period

As for 2.5 in Chapter 2, “Temperature”. For more details, see section 4.1 “procedures when data is missing”.

3. Instrumentation and technology used

3.1 *technology used and specifications*

The KNMI used a capacitive humidity meter (Vaisala) as the standard instrument for measuring relative humidity.

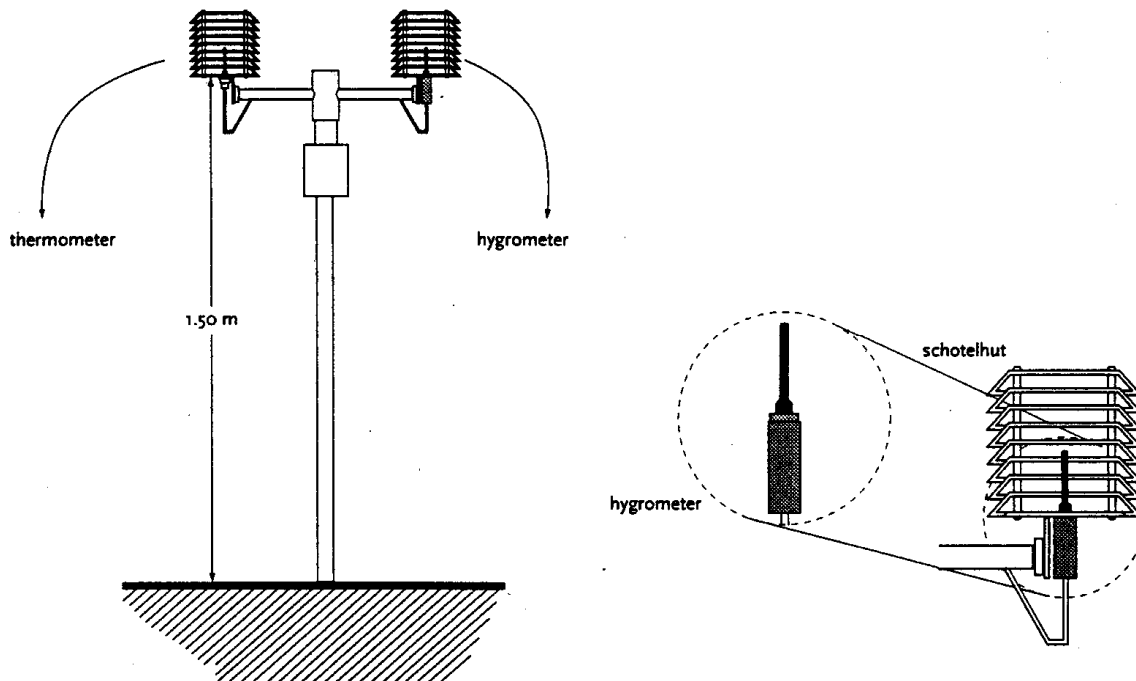
The dew point temperature is derived from the temperature and the relative humidity.

Determination of the dew point temperature therefore requires two sensors:

- a sensor for measuring the temperature (see chapter on temperature);
- a sensor for measuring the relative humidity.

The technical specifications of the humidity meter used with the SIAM are as follows:

Measurement range:	2 to 100% RH;
Resolution:	1% RH;
Accuracy:	$\pm 3.5\%$ RH;
Measurement frequency:	1/12 Hz.



3.2 *maintenance and calibration procedures*

The calibration procedures are determined in Insa's ISO-9001 quality system, as part of procedure 2.2.3 (control procedure for preventive maintenance).

The calibrations and checks are carried out in a climate chamber where the relative humidity sensor is compared with a Michell S4000 dew point meter. This reference instrument is in turn calibrated in the NPL (UK) and has – according to the calibration – an uncertainty in the measurement of the dew point of $\pm 0.13^\circ\text{C}$.

4. Procedures

4.1 *procedures on failure of automatic observations*

The guidelines when data is absent are as follows:

a) *non-aviation stations:*

If the humidity reading from surrounding stations is available, repairs will be carried out on the next working day.

If there is insufficient humidity measurement data from surrounding stations (at least two within a distance of 50 km) then repairs will be started within twelve hours of the problem starting.

b) *aviation stations:*

If the humidity reading from another humidity sensor at the airfield can be used as a fallback, repairs will be carried out on the next working day.

If there is no local backup available, repairs will be carried out immediately after the problem arises.

4.2 *procedures for subsequent validation of humidity values*

The SYNOP values for dew point temperature are read into the Climatological Information System (KIS) on a daily basis and archived. The corresponding values for the relative humidity are derived from the temperature and the dew point temperature (para. 5). The following checking procedure is applied automatically to each hourly value RV_h from each station:

$RV_h - \{2/3 (RV_{h-1} + RV_{h+1}) - 1/6 (RV_{h-2} + RV_{h+2})\}$ must be $\leq 15\%$, otherwise “suspect”.

A suspicious or missing value will be replaced if possible.

The alternative value is based on:

- linear interpolation of adjacent (correct) values in the time series;
- spatial interpolation based on synchronous values from two or more nearby stations;
- estimation of the hourly value based on the time series of 10-minute values.

Replacement is done manually.

4.3 *inspection procedures*

Every humidity meter that has an operational function within the KNMI observation network is inspected on average twice annually by a station inspector from WM/OD. Extra interim inspections can also be carried out on request by WM/KD if the validation of the data gives cause for this.

Inspections will also be performed:

- when a humidity meter is being placed at a new measuring station;
- when a humidity meter on site has been replaced.

In both cases, WM/OD will be informed in advance using a timing plan of the forthcoming placement or replacement by Insa/MSB. Within one week of the placement or replacement, Insa/MSB will inform WM/OD about it, including sending them proof of calibration, so that an inspection can take place.

The inspection covers the following checks:

- a) A comparison of the relative humidity value registered by the sensor with the relative humidity value as measured by a reference sensor. This sensor is a capacitive humidity meter (Vaisala) that has been calibrated according to the KNMI's calibration procedures. If their respective values for the dew point temperature as calculated from the relative humidity values have an absolute difference of 0.2K or more, then the inspector will with immediate effect mark down the site concerned as being unsatisfactory for operational observations of relative humidity. The inspector will inform the Insa/MSB department where deviations are noted and will start discussions or make agreements for any corrective actions needed. These agreements are recorded and the inspector monitors the progress of the said agreements.
- b) Checking that the calibration period of the measuring instrument has not expired. If this is seen to be the case, then the Insa/MSB department will be notified so that a replacement can be made.
- c) A visual assessment of whether the circumstances under which the measurements are made and the surroundings meet the conditions laid down (see para. 6). If this is not the case, then the inspector will with immediate effect mark down the site concerned as being unsatisfactory for operational observations of relative humidity. Depending on the situation, the station inspector will evaluate which corrective actions need to be taken to bring the various items back into line with the operational requirements. The actions may vary from an order or request that the manager of the observation site concerned should alter the site conditions, through to starting up a procedure to look for a new observation site. If there are defects in the measuring apparatus, a repair order will be sent to the department Insa/MSB.

A report of all inspection visits is drawn up by the station inspector. This report is distributed throughout the KNMI, according to a list of staff members concerned that has been drawn up by HOD.

5. Derivation of other parameters: calculation of the dew point temperature T_d

5.1 General

The following parameters are used in the derivation of the dew point temperature T_d :

- the temperature T , which is measured directly;
- the relative humidity RH , which is also measured directly;
- the saturation vapour pressure $e_s(t)$, which is a function of the temperature T (K):
 t (°C) = T (K) - 273.15;
- the vapour pressure e under the given conditions, which is a consequence of the relative humidity and the saturation vapour pressure.

5.2 Calculation of the saturation vapour pressure

The most accurate calculation of the saturation vapour pressure $e_s(t)$ is done using what is known as the Goff-Gratch polynomial (ref. 5). The WMO has adopted this polynomial as the standard formula. Because of the complexity of this formula and the highly intensive calculation it requires, the WMO advises using the following approximations:

For water vapour in equilibrium with (or possibly supercooled) a flat water surface:

$$e_s(t) = 6.112 * e^{\{17.62 t/(t+243.12)\}} \quad (1)$$

Above ice:

$$e_s(t) = 6.112 * e^{\{22.46 t/(t+272.62)\}} \quad (2)$$

(ref. 1)

The above formulae are applicable to pure water vapour. If the situation involves humid air, i.e. both air and water vapour, then a small correction should be applied. However, given the required accuracy, this deviation is negligible. The conclusion is then that using formulae 1 and 2 achieves a very good approximation in the range -40 to +35°C for the parameter to be derived. These items meet the accuracy requirements.

Alternative approximation formulae (Magnus, Tetens, Bolton, Sprung) also provide the required accuracy. These are described in KNMI-TR 153 (ref. 5) and KNMI-TR 140 (ref. 11).

The KNMI has adopted its own formula for derivation of the dew point temperature in the SYNOP and the METAR:

$$e_s(t) = 6.11 * e^{\{17.504 t/(t+241.2)\}} \quad (3)$$

This formula is used both for the water and the ice conditions, since the relative humidity sensor provides a measurement relative to the water saturation. This formula has been implemented in the software of the SIAM (ref. 13). The Insa calibration laboratory uses the following formula, providing close agreement with (3):

$$e_s(t) = 6.11213 * e^{\{17.5043 t/(t+241.3)\}} \quad (4)$$

Using formulae (3) and (4) for the calculation also produces a derived parameter that meets the accuracy requirements.

When the SYNOP data is archived in the Climatological Information System (KIS), the dew point temperature is treated as a basic parameter from which the synchronous value of the relative humidity is derived. This process is the inverse of the process described above. The derivation is based on Sprung's formulae.

Above water:

$$e_s(t) = 6.107 * e^{\{17.27 t/(t+237.3)\}} \quad (5)$$

Above ice:

$$e_s(t) = 6.107 * e^{\{21.87 t/(t+265.5)\}} \quad (6)$$

(ref. 6)

Summary:

Standard formula:

$$e_s(t) = A * \exp \{B t/(t+C)\} \quad (7)$$

Water surface

	A	B	C
WMO	6.112	17.62	243.12
KNMI (SYNOP, METAR, SIAM)	6.11	17.504	241.2
KNMI (Insa Calib.Lab.)	6.11213	17.5043	241.3
KNMI (KIS)	6.107	17.27	237.3

ice surface

	A	B	C
WMO	6.112	22.46	272.62
KNMI (SYNOP, METAR, SIAM)	not applicable		
KNMI (Insa Calib.Lab.)	not applicable		
KNMI (KIS)	6.107	21.87	265.5

5.3 Calculation of the vapour pressure: e

Given that $RH = \{e / e_s(t)\} * 100\%$,

it follows that $e = \{RH * e_s(t)\} / 100\%$ (8)

5.4 Calculation of the dew point temperature T_d

Given that $e_s(T_d) = e$ and using the standard formula (7), we obtain:

$$A * \exp \{B T_d / (T_d + C)\} = e \quad (9)$$

Conversion of this formula produces:

$$T_d = C * \{\ln e - \ln A\} / \{B - \ln e + \ln A\} \quad (10) \text{ or}$$

$$T_d = C / [\{B / (\ln e - \ln A)\} - 1] \quad (11)$$

5.5 Calculation of RH from t and T_d

- $e_s(t)$ is calculated using (7)
- e is then obtained by filling in $t = T_d$ in (7): $e = e_s(T_d)$
- RH is calculated using $RH = \{e / e_s(t)\} * 100\%$.

6. Setup requirements and conditions for the surroundings

6.1 Setup requirements and facilities

The advice from the WMO is that the sensors for the measurement of relative humidity (and the dew point temperature) should be placed at a height of between 1.25 and 200 metres above flat ground. The KNMI uses a standard height of 1.5 metres.

6.2 Conditions relating to the surrounding and the measurement location and representativeness of the observations

There may not be any obstacles such as buildings and trees nearby. Radiative heat from these can affect the temperature and thereby the relative humidity. These objects can also retain heat or cold for longer and thus affect the air flowing past them. These phenomena affect the representativeness of the observation. Warm or cold air can also be “trapped” between such objects. The temperature of such air can then deviate from the air temperature in the wider surroundings.

In concrete terms, the following conditions apply:

- there may not be any obstacles within a radius of 100 metres around the location of the sensor; the ground surface within this radius must also be sufficiently flat; any objects that are at a radius of more than 100 m must not be taller than $1/10^{\text{th}}$ the distance from that object to the measurement site.

The humidity sensor must be at least 5 metres away from open water (ditches, canals, ponds, rivers, etc.).

References

1. WMO No.8, Guide to meteorological instruments and methods of observations, 6th edition (in particular Chapter 4), WMO, Geneva, 1996;
2. Statement of operational accuracy requirements of level II data, according to WMO codes SYNOP, SHIP, METAR and SPECI; Annex X van WMO No.807 (CIMO XI);
3. Meteorologische Instrumenten, Elementaire Vakopleiding Meteorologie (EVM) [*Meteorological Instruments, Elementary Professional Training in Meteorology*], module A11, J.G. van der Vliet, KNMI, De Bilt, 1993;
4. Synoptische en klimatologische waarnemingen en codes, Elementaire Vakopleiding Meteorologie (EVM) [*Synoptic and climatological observations and codes, Elementary Professional Training in Meteorology*], module A4/B1, E.Chavanu, KNMI, De Bilt, 1996;
5. Het APL+ programma [*The APL+ programme*], R.M. van Westrhenen, KNMI technical report TR153, KNMI, De Bilt, 1993;
6. Dauwpunt-tabellen voor niet-geventileerde psychrometers [*Dew point tables for non-ventilated psychrometers*], KNMI memorandum, KNMI, De Bilt, 1982;
7. Basisontwerp Vernieuwing Operationeel Klimatologisch Informatiesysteem VOKIS [*Basic Design for Renewal of the Operational Climatological Information System*], 1992, KNMI document;
8. Vergelijking van de Vaisala's HMP233 en HMP243 relatieve vochtigheidsmeters (februari - september 1997) [*Comparison of Vaisala's HMP233 and HMP243 relative humidity meters (February - September 1997)*], F.Kuik, KNMI technical report TR201, KNMI, De Bilt, 1997;
9. Calibratieprocedures van het KNMI-IJKlaboratorium volgens ISO-9001, 1994; [*ISO-9001 Calibration procedures for the KNMI Calibration Laboratory*], A. van Londen, Insa/IO, KNMI,
10. World Meteorological Organization WMO No.49, Technical Regulations, Volume 1, Appendix A, WMO, Geneva, 1988;
11. Fysische Meteorologie [*Physical Meteorology*], H.R.A.Wessels, KNMI technical report TR140, KNMI, De Bilt, 1991;
12. Het Internationale Stelsel van Eenheden (SI) [*The SI System of Units*], Nederlands Meetinstituut NMI, Delft, 1994;
13. X-SIAM-specificatie [*X-SIAM Specification*], J.R. Bijma, KNMI-Insa, KNMI document, Insa Document number ID-30-015, KNMI, De Bilt, 1997;
14. KNMI-handboek meteorologische codes [*KNMI manual of meteorological codes*], KNMI, De Bilt, 1994;
15. International Civil Aviation Organization ICAO: 'Meteorological Service for International Air Navigation, International Standards and Recommended Practices', annex III to the convention on International Civil Aviation, 13th edition, ICAO, Montreal, 1998;
16. International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology, publ. ISO, 1993.

Contents

Chapter 5. Wind

1 Description –

- 1.1 nomenclature of the variable
- 1.2 definition; description of the concept
- 1.3 units
- 1.4 variables
- 1.5 element codes

2 Operational requirements

- 2.1 range
- 2.2 relationship between observational resolution and reporting
- 2.3 relationship between required accuracy and the reporting
- 2.4 required frequency of observation
- 2.5 data required to be present for each specific period

3 Instrumentation and technology used

- 3.1 technology used and its specifications
- 3.2 maintenance and calibration procedures

4 Procedures

- 4.1 procedures on failure of automatic observations
- 4.2 procedures for subsequent validation
- 4.3 inspection procedures

5 Derivation of parameters

- 5.1 derivation of potential wind speed from measured wind speed

6 Setup requirements and conditions for the surroundings

- 6.1 setup requirements and facilities
- 6.2 conditions relating to the surrounding and the measurement location/representativeness of the observations

7 References

5. Wind

1. Description

1.1 nomenclature of the variable

General name: wind.

International indicator: surface wind (WMO No. 8, ref. 1)

1.2 definition; description of the concept

Wind is the horizontal displacement of air. The most important cause of this displacement of air is a difference in air pressure. The difference in air pressure per unit distance is the air pressure gradient. The greater this gradient is, the larger and more powerful the displacement of air will be. The placement of areas of higher air pressure relative to those of lower pressure is to a large extent the factor determining the direction of the air displacement.

The wind parameters that play a part in meteorology and climatology are:

- wind speed
- wind direction
- wind gusts

1.3 units

a) recognized SI unit (ref. 13)

The recognized SI units (ref. 13) are:

- wind speed: m/s
- wind direction: degrees (degrees of arc)
- wind gust: m/s

b) non-recognized SI unit (ref. 13)

In operational meteorology and in particular in aviation meteorology, the usual unit for wind speed and gust speed is still knots (abbreviated to kts).

1 knot = 1 nautical mile per hour = 1852 m / 3600 s = 0.514444 m/s.

1.4 variables

The following variables may be distinguished:

a) wind speed:

The wind speed is the horizontal speed of (a packet of) the air in m/s.

b) average wind speed:

The average wind speed refers to the average of the horizontal speed of the packets of air passing a given geographic point during a previously defined period, e.g. 10 minutes. In operational terms, this comes down to the arithmetic mean of all the 3"-averages recorded during the period concerned.

c) instantaneous wind speed:

The instantaneous wind speed is the current wind speed at the time in m/s. In reality this refers to the average wind speed over the previous 3 seconds.

d) maximum wind gust speed:

This refers to the maximum wind speed in a given time period. In operational terms, this refers to the highest 3"-average value recorded in a particular time period, e.g. 10 minutes.

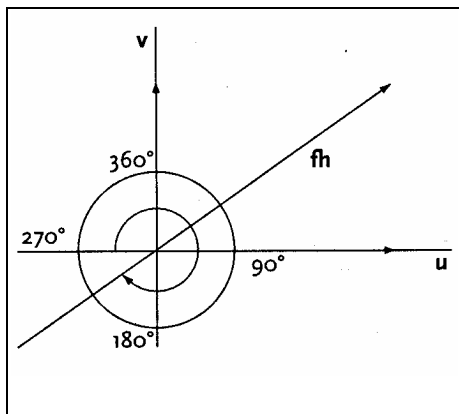
e) wind direction:

The wind direction at a given geographic point is the direction of horizontal displacement of (a packet of) the air. Meteorological convention defines the wind direction as being the direction that the wind is coming from (i.e. the direction you are looking in if you have the wind in your face). The direction is determined as the angle relative to the positive axis (y-axis). In this coordinate system, the y-axis is oriented towards true geographic north (in aviation meteorology this axis is oriented towards geomagnetic north). The positive section of the x-axis (running perpendicular to the y-axis) is oriented towards the east. The angle varies from 0 through to 360 degrees of arc, counting from the positive y-axis and moving clockwise.

Example:

Meteorological convention makes a south-westerly wind one that is blowing from the south-west, which is equivalent to a wind direction of 225 degrees (225°).

f) *wind vector and vector components:*



The wind vector gives the direction towards which the wind is blowing and is thus the exact opposite of the meteorological wind direction. The wind vector is determined by the magnitude of the horizontal wind speed and the complement of the meteorological wind direction. The vector components are the projections of the wind vector on the x-axis and y-axis, the u-component and v-component respectively; see diagram.

g) *average wind direction:*

It has been internationally agreed that the average wind direction is based upon an averaging of the wind directions involved, in which all the corresponding vectors are treated as unit vectors. That is to say, when the average wind direction is determined, the wind speeds associated with the corresponding vectors are not taken into account. In practice, the averages of the u-components and v-components of the unit vectors are calculated for all the wind registrations in the time period concerned. The average vector is then put together from the average u-component and the average v-component. The average (meteorological) wind direction is then the complement of this vector.

1.5 element codes

The coding for the wind in SYNOP, KLIM and METAR reports is set out in the KNMI manual of meteorological codes (ref. 14). A good guideline is module A4/B1 ("Observing") of the Elementary Professional Training in Meteorology (see ref. 6, chapter 6).

SYNOP:

section 1:

- **code dd (KIS: DD):** the average (vector) wind direction in tens of degrees of arc in the 10 minutes preceding the moment of observation {i.e. exactly 5 minutes before every whole hour (UTC)}.
- **code ff (KIS: FF):** the average wind speed in m/s in the 10 minutes preceding the moment of observation {i.e. exactly 5 minutes before every whole hour (UTC)}.

Remark 1:

Where there is little wind (wind speed < 2 m/s) or in the case of a strongly variable wind (standard deviation of wind direction ≥ 30 degrees), then the wind direction is referred to as changeable or variable. In these cases the code number dd = 99 is used.

Remark 2:

If a significant change in wind behaviour occurs during a 10-minute observation period, then the average is determined over the period between the moment of change and the observation time. This applies both to the calculation of the average wind direction and to the calculation of the average wind speed. A significant change is regarded as having taken place if any one of the following situations arises:

- a) there is an abrupt and persistent change in the wind direction during the observation period of 30 degrees or more, with the wind speed being 5 m/s or more either before or after the change;
- b) there is a change in the wind speed of 5 m/s or more, lasting for at least two minutes.

For a detailed description: see document "Wind SIAM", para. 2.3.3, ref. 16.

The average wind (speed and direction) is therefore determined for the period AFTER the change and is therefore an average over a period of less than 10 minutes.

This is incidentally NOT something that can be seen in the reports!

- **code f_xf_x:**
group 910ff: the maximum wind gust in m/s in the 10 minutes preceding the moment of observation {i.e. exactly 5 minutes before every whole hour (UTC)} where this is 5 m/s or more greater than the synchronous value of ff in section 1.
group 911ff: the maximum wind gust in m/s in the hour preceding the moment of observation {i.e. exactly 5 minutes before every whole hour (UTC)} where this is ≥ 13 m/s.
- **code f_mf_m:**
group 912ff: the maximum 10-minute average wind speed in m/s in the hour preceding the moment of observation {i.e. exactly 5 minutes before every whole hour (UTC)} where this is ≥ 13 m/s.

section 5:

- **code f_xf_x:**
group 511ff: only at the main or intermediate hours: the maximum wind gust in m/s in the observation period (i.e. period of 6 hours in the case of the main hours, or 3 hours for the intermediate hours) preceding the moment of observation {i.e. exactly 5 minutes before every whole hour (UTC)} where this is ≥ 13 m/s.
- **code f_mf_m:**
group 512ff: only at the main or intermediate hours: the maximum 10-minute average wind speed in m/s in the observation period (i.e. period of 6 hours in the case of the main hours, or 3 hours for the intermediate hours) preceding the moment of observation {i.e. exactly 5 minutes before every whole hour (UTC)} where this is ≥ 13 m/s.

- main hours: 00, 06, 12, 18 UTC
- intermediate hours: 03, 09, 15, 21 UTC

KLIM:

- **code $f_h f_h$ or fh (KIS: FH):**
This relates to the average wind speed in the last hour; in principle this is the hourly period between two successive whole hours on the hour; for practical reasons the time period actually used is from precisely 5 minutes before the hour to exactly 60 minutes later.
- **code $f_x f_x$ or fx (KIS: FX):**
This relates to the maximum gust in the hour just passed; this is the maximum 3"-average wind speed recorded during that hour; the hourly period is defined the same was as for average hourly wind (see above).

METAR:

- **code: dddffGf_mf_m {KMH or KT or MPS}**
ddd: true direction in degrees, rounded off to the nearest multiple of 10 degrees, from which the wind is blowing;
ff: wind speed in km/h, knots or m/s;
G: letter indicator for maximum gust speed;
f_mf_m: maximum wind speed in km/h, knots or m/s;
KMH: km/h;
KT or left blank: knots;
MPS: m/s;
- **code: d_nd_nd_nVd_xd_xd_x**
d_nd_nd_n: extreme wind direction *measured anti-clockwise* of a variable wind, given relative to true north and rounded off to the nearest multiple of 10 degrees;
V: letter indicator to separate the elements of the extreme values, which otherwise have no spaces between them;
d_xd_xd_x: extreme wind direction *measured clockwise* of a variable wind, given relative to true north and rounded off to the nearest multiple of 10 degrees;

The average true direction in degrees of the direction from which the wind is blowing, rounded off to the nearest multiple of ten degrees, and the average wind speed over the 10-minute period directly preceding the moment of observation are given with dddff, which is followed without any intervening white space by one of the abbreviations KMH, KT or MPS to indicate the units that have been used for the wind speed. Values of less than 100 degrees for the wind direction are given with a leading zero and a wind coming from true north is given as 360 degrees. Values for the wind speed that are less than 10 of the unit being used are stated with a leading zero. However, if there has been a distinct alteration in the wind characteristics during the 10-minute period, then only the data after the alteration is used for determining the average wind speed and the value of the maximum gust; the average wind direction and changes in the wind direction are also determined over the truncated period in such circumstances.

A distinct alteration is deemed to occur when:

- a. there is an abrupt and persistent change in the wind direction of 30 degrees or more, with the wind speed being 20 km/h (10 kt) or more either before or after the change; or

- b. there is a change in the wind speed of 20 m/s (10 kt) or more lasting for at least two minutes.

When the wind direction is variable, ddd is coded as VRB if the average wind speed is 3 kt (2 m/s or 6 km/h) or less. A variable wind with higher speeds, with a variability in wind direction of 180 degrees or more, is only given if it is impossible to determine a single wind direction, for example when a thunderstorm is passing over the airfield.

If the total variation in the wind direction during the 10-minute period preceding the moment of observation is 60 degrees of arc or more and the average wind speed is more than 3 kt (2 m/s or 6 km/h), then the two extremes of direction between which the wind has varied are stated, counting clockwise, using $d_n d_n d_n V d_x d_x d_x$. This group is otherwise not included.

Dead calm (wind still) is coded as 00000 followed immediately (with no white space between) by one of the abbreviations KMH, KT or MPS showing the units which are usually used for indicating the wind speed.

If the maximum gust speed exceeds the average wind speed by 10 knots (5 m/s or 20 km/h) or more during the 10-minute period preceding the moment of observation, then this maximum speed is given as $G f_m f_m$ immediately after dddff and is followed without any intervening white space by one of the abbreviations KMH, KT or MPS showing the units which are used for indicating the wind speed. The $G f_m f_m$ element is otherwise not included.

Where wind speeds are 100 units or more, the exact value of the wind speed units is given, rather than the two-digit code ff or $f_m f_m$.

2. Operational requirements

2.1 range

The operational range for observations of wind speed and direction is given by the WMO (refs. 1 and 3) as:

- average wind speed: 0 - 70 m/s; wind gusts: 5 -75 m/s;
- wind direction: >0 and ≤360 degrees.

The KNMI uses the range 0 – 50 m/s for measurement of the wind speed (actually a 3" average, from which the average values and the extremes are derived). This deviation from the WMO standard is a result of instrumental limitations and the fact that wind speeds (including gusts) of >50 m/s are can be virtually excluded in and around the Netherlands on climatological grounds.

The KNMI standard for measuring the wind direction is compliant with the WMO.

2.2 relationship between observational resolution and reporting

The resolution required in the observation of the wind is based on the resolution required in the reporting of synoptic meteorology and in the (local) messages for airports and heliports (refs. 1 and 4). This resolution is consistent with the defined margin of uncertainty in the observations (ref. 1).

SYNOP

- wind direction: 10 degrees (as per WMO)
- average wind speed: 1 m/s (WMO: 0.5 m/s)
- gusts: 1 m/s (WMO: 0.5 m/s)

Comment: the KNMI deviates from the WMO as far as wind speed is concerned. This is due to the limited space in the code (2 positions).

KLIM

- average wind speed: 1 m/s (WMO: 0.5 m/s)
- gusts: 1 m/s (WMO: 0.5 m/s)

Comment: the KNMI deviates from the WMO as far as wind speed is concerned. This is due to the limited space in the code (2 positions).

METAR

- wind direction: 10 degrees (as per WMO/ICAO)
- average wind speed: 1 kt (as per WMO/ICAO)
- gusts: 1 kt (as per WMO/ICAO)

2.3 relationship between required accuracy and the reporting

In accordance with the regulations of the WMO and the ICAO (refs. 1 and 4), reporting in a SYNOP or KLIM or METAR is done to the following accuracy:

- wind direction: ±5 degree (only applies if wind speed ≥ 2m/s);
- average wind speed: ±0.5 m/s where ≤ 5 m/s , ±10% where > 5m/s;
- gusts: ±10%.

2.4 required frequency of observation

3" average wind speed value

The SIAM registers the average value of the wind speed over the last three seconds every quarter of a second A 3" average is the basis for all derivations relating to the wind speed.

12" wind speed value

The running average over the last 3" is determined 48 times by the SIAM every 12 seconds (i.e. every 0.25 sec). The maximum and minimum of these 48 values are determined (the largest and smallest 3" averages respectively). These extreme values are stored in the SIAM's 12" database.

1' average wind speed

For generating reports for operational aviation meteorology, the SIAM calculates the 1' average wind speed. This is the arithmetic mean of the 240 mutually overlapping 3" samples in the 1' period, including the 3" average as determined at the end of the 1-minute period. The SIAM performs this calculation every 12 seconds and stores the resultant values in the 12" database.

10' wind speed values

The SIAM calculates the 10' values for average, maximum and minimum wind speed and the standard deviation for use in various systems, including AWS and RIS.

- the average: This is the arithmetic mean of the 2400 mutually overlapping 3" averages in the 10' period, including the 3" average as determined at the end of the 10-minute period. NB: if there is a sudden and persistent change during the said 10-minute period, then the average is determined over the period between the change and the observation time.
- the maximum: This is the maximum of the 50 successive 12" maximum values, including the 12" maximum as determined at the end of the 10-minute period concerned.
- the minimum: This is the minimum of the 50 successive 12" minimum values, including the 12" minimum as determined at the end of the 10-minute period concerned.
- the standard deviation: This is calculated from the 2400 mutually overlapping 3" averages in the 10' period, including the 3" average as determined at the end of the 10-minute period concerned.

The SIAM performs the above 10' calculations every 12 seconds and stores the resultant values in the 12" database.

The average, maximum, minimum and standard deviation for the 10-minute period running from 5 minutes before up to exactly five minutes after the period are presented in the said systems, after being extracted from the SIAM database for each 10-minute period (i.e. the moments hh:10, hh:20, hh:30, hh:40 and hh:50 for every hour hh).

Hourly wind speed values in SYNOP/KLIM

The hourly values are determined according to the code definitions described in §1.5 and are based on the underlying 10' values (average or maximum) for the 10' periods during the hourly period concerned. So for hour {hh+1}, the 10' values used are those for the moments hh:00, hh:10, hh:20, hh:30, hh:40 and hh:50.

Example: the value of ff (section 1) for 14:00 UTC uses the 10' average value at the time 13:50:00 and is the arithmetic mean of the 2400 mutually overlapping 3" averages in the period from 13:45:00 through to 13:55:00 (i.e. the 3" values at 13:45:03.25, 13:45:03.50, 13:45:03.75 and so on through to 13:54:59.75 and 13:55:00.00).

Comment:

KIS only stores FF, FH and FX. The rest is discarded.

12" average wind direction values

The wind direction is determined in the SIAM every 12 seconds. These values are stored in the SIAM's 12" database.

1' average wind direction

For generating reports for operational aviation meteorology, the SIAM calculates the 1' average wind direction. This is the vector mean of the five 12" samples in the 1' period just past, including the 12" average as determined at the end of the 1-minute period. (NB: the vector mean is based on the unit vectors – see earlier). The SIAM performs this calculation every 12 seconds and stores the resultant values in the 12" database.

10' wind direction values

The SIAM calculates the 10' values for the average wind direction, the maximum and minimum amount it has veered at any given moment and the standard deviation for use in various systems, including AWS and RIS.

- the average wind direction: This is the vector mean of the fifty 12" averages in the 10' period, including the 12" average as determined at the end of the 10-minute period. (NB: the vector mean is based on the unit vectors – see earlier). NB: if there is a sudden and persistent change during the said 10-minute period, then the mean vector is determined over the period between the change and the observation time.
- the maximum wind veer at any given moment: This is the maximum of the 50 successive 12" average wind direction values, including the 12" value determined at the end of the 10-minute period concerned. The "maximum" refers to the largest amount ($\leq 180^\circ$) by which it has veered relative to the vector mean in the 10' period concerned ("veering" is a clockwise change).
- the minimum wind backing at any given moment: This is the minimum of the 50 successive 12" average wind direction values, including the 12" value determined at the end of the 10-minute period concerned. The "minimum" refers to the largest amount ($\leq 180^\circ$) by which it has backed relative to the vector mean in the 10' period concerned ("backing" is an anti-clockwise change).
- the standard deviation: this is calculated as a vector using the 50 successive 12" average wind direction values, including the 12" value determined at the end of the 10-minute period concerned. (NB: vector calculations using the unit vectors, see earlier).

The SIAM performs the above 10'-calculations every 12 seconds and stores the resultant values in the 12" database.

The average, maximum, minimum and standard deviation for the 10-minute period running from 5 minutes before up to exactly five minutes after the period are presented in the said systems, after being extracted from the SIAM database for each 10-minute period (i.e. the moments hh:10, hh:20, hh:30, hh:40 and hh:50 for every hour hh).

Hourly wind direction value in the SYNOP

The hourly values are determined in accordance with the code definitions described in §1.5 and are based on the 10' period concerned.

Example: the value of dd (section 1) for 14:00 UTC uses the 10' average value at the time 13:50:00 and is the vector mean of the 50 non-overlapping 12" averages in the period from 13:45:00 through to 13:55:00. (NB: the vector mean is based on the unit vectors – see earlier)

Comment: KIS only stores DD. The rest is discarded.

half-hourly wind speed (average, maximum) and wind direction values for the METAR

The timestamp for the METAR report is precisely 5 minutes before the whole hour or precisely 5 minutes before the half hour. The wind speed (average, maximum) and wind direction values for the METAR are determined at that point in time, based on the average or maximum for the previous 10-minute period.

Example: ff at 10:25 UTC is the 10-minute average wind speed over the period 10:15:00 to 10:25:00.

2.5 data required to be present for each specific period

An average wind speed or average (vector) wind direction over a given period (12", 1', 10' or 1 hour) is based on the available 3" or 12" values in the period concerned (NB: "available" means data present with no fatal errors). It is not a prerequisite for the determination of an average that the data is 100% available in the time period concerned. The percentage of missing data should be stated. This is given in the SIAM message.

- A 1-hourly wind speed value (average or maximum) is not determined and coded if 1 or more of the 10-minute values required is absent.
- A 3-hourly wind speed value (average or maximum) is not determined and coded if 3 or more of the 10-minute values required are absent.
- A 6-hourly wind speed value (average or maximum) is not determined and coded if 6 or more of the 10-minute values required are absent.

These items are in encoded in the software (AWS, RIS).

3. Instrumentation and technology used

3.1 technology used and specifications

Standard instruments

The KNMI has been using wind speed meters of the cup anemometer type since about 1960 for virtually all its weather stations.

The instrument looks like three hollow half balls on a vertical axis. The wind blows into the hollows of these balls, making the axis rotate.

steel-cup

A sensor is built into the mechanism the reacts to a signal from the rotating spindle every revolution. Registration of the rotation rate, which is near enough proportional to the prevailing wind speed, is done using a pulse counter. The number of pulses per unit time (e.g. per second) is counted and the speed of rotation is derived from this.

drum with slots
optical sensor with photo cell

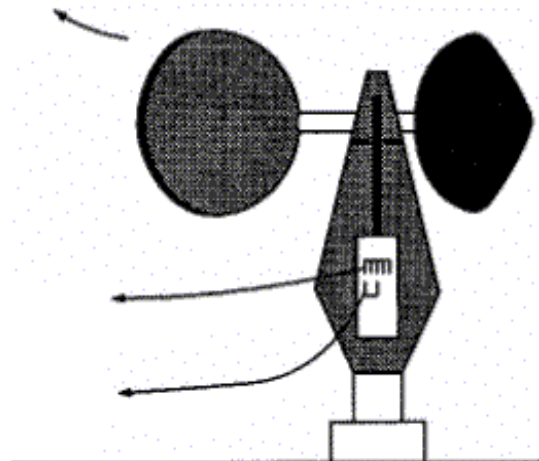


diagram of a cup anemometer

Registration of the wind direction is done using a weather vane. This is actually a fairly inflexible metal sheet mounted on a rotating spindle. The force of the wind moves the vane in the same direction as the wind.

The orientation of the spindle can be registered inside the apparatus. If north has been calibrated at zero (0 degrees) then the angle of the wind direction can be derived from the spindle position.

Detailed information can be found in *Meteorological Instruments* by J. G. van der Vliet (ref. 5, para. 5).

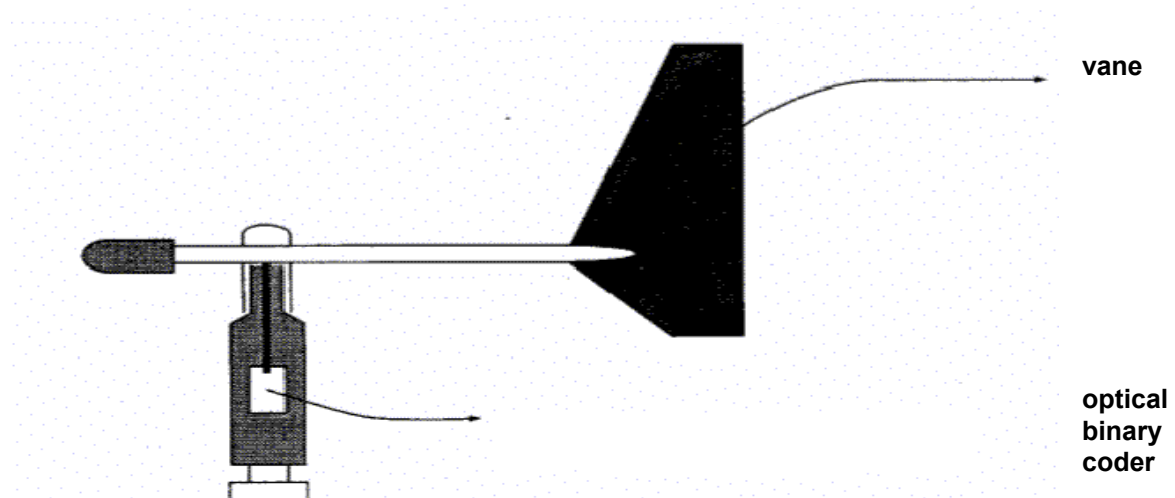


diagram of the weather vane

The technical specifications of the cup anemometer and weather van used are as follows:

Anemometer with SIAM:

Measurement range:	0.5 -50 m/s
Resolution:	0.1 m/s
Accuracy:	±0.5 m/s
Measurement frequency:	1 Hz

Dynamic response of the cup: response length $\lambda = 2,9$ m

Weather vane with SIAM:

Measurement range:	360 degrees of arc (where wind speed ≥ 2 m/s)*
Resolution:	1 degree
Accuracy:	±3 degrees (where wind speed ≥ 2 m/s)*
Measurement frequency:	1 Hz

- the lower limit mentioned for wind speed is the minimum speed required to move the weather vane

Backup instrument for wind speed

At manned stations where there is just a single operational stand measuring instrument for the wind speed, there is also a backup instrument available (a hand-held anemometer) for occasions when the former is not operational. It may only be used for local purposes.

3.2 maintenance and calibration procedures

The measuring instruments must meet the accuracy requirements. This means that they require periodic maintenance during which the instruments are checked and adjusted at intervals determined through experience and are calibrated to ensure that they meet the requirements that have been laid down. A calibration certificate is registered, in which the reference measurement values can be entirely reduced to the internationally recognized standard. The KNMI department Insa is responsible for the calibration procedures, which are laid down in Insa's (ISO-9001) quality system, as part of procedure 2.2.3 "control procedure for preventive maintenance".

4. Procedures

4.1 procedures on failure of automatic observations

The SYNOP, KLIM and METAR reports are not filled in when the automatically generated values are absent. At manned stations where backup equipment is present, the observations from these devices may be used as an alternative (exclusively for local use). Deviations from this rule are only possible in exceptional circumstances.

4.2 procedures for subsequent validation

The KNMI's Climatological Information system (KIS) contains archived data about wind speed and direction for the stations on land and at sea. Data input into this system is done daily and uses the hourly values of FX, FH, FF and DD for the previous day (hourly periods $h = 01$ through 24 UTC*). All values that are entered into KIS are subjected daily to automated checking procedures.

* KIS uses hourly period 24 UTC; this actually refers to 00 UTC in the next daily period

The following procedures are carried out for each station:

FX

- FX must be \geq FH, otherwise suspect;
- FX must be \geq FF, otherwise suspect;
- $\text{abs}[FX_h - (-1/6 (FX_{h-2}+FX_{h+2}) + 2/3 (FX_{h-1}+FX_{h+1}))]$ must be \leq 8 knots, otherwise FX is suspect;
- FX must be \leq 80 knots, otherwise suspect;

FH

- FH must be \leq FX, otherwise suspect;
- $\text{abs}[FH_h - (-1/6 (FH_{h-2}+FH_{h+2}) + 2/3 (FH_{h-1}+FH_{h+1}))]$ must be \leq 4 knots, otherwise FH is suspect;
- H must be \leq 60 knots, otherwise suspect;

DD

- If $FF \neq 0$ then DD must be = 1 or 2..36 (unit: tens of degrees) or 99, otherwise suspect;
- If $FF = 0$ then DD must be = 0, otherwise suspect;
- If $FH_h \geq 10$ knots and $FH_{h-1} \geq 10$ knots, then the difference between DD_h and DD_{h-1} must be \leq 50 degrees, otherwise suspect;
- DD must be = 0 or 1..36 (unit: tens of degrees) or 99, otherwise suspect;

FF

- If $DD = 0$ then FF must be = 0, otherwise suspect;
- If $DD \neq 0$ then FF must be \neq 0, otherwise suspect;
- FF must be \leq FX, otherwise "suspect";
- If $DD = 99$, then FF must be $<$ 4 knots, otherwise suspect;
- $\text{abs}[FF_h - \{-1/6 (FF_{h-2}+FF_{h+2}) + 2/3 (FF_{h-1}+FF_{h+1})\}]$ must be \leq 4 knots, otherwise suspect;
- FF must be \leq 80 knots, otherwise "suspect";

The WM/OD division will be informed if suspicious observations are noted. Based on this, steps can be taken such as maintenance (by Insa/MSB).

The KNMI's Climatological Service division (WM/KD) is responsible for the validity of wind speed and direction values finally stored in KIS.

This means that WM/KD in principle assesses every value, assisted by the output of the test procedures described above. A missing value or a value that is evidently incorrect will be replaced by the KD if possible, based on procedures defined by WM/KD.

The alternative value can be based among other things on:

- linear interpolation of adjacent (correct) values in the time series;
- spatial interpolation based on synchronous values from two or more nearby stations;
- estimation of the hourly value based on the time series of 10-minute data that can be retrieved from AWS or RIS.

Replacement is done by hand, during which every case is individually assessed.

4.3 inspection procedures

Every wind measurement site that has an operational function within the KNMI observation network is inspected on average twice annually by an official from WM/OD/station management. Extra interim inspections can also be carried out on request by WA or WM/KD if (validation of) the data gives cause for this.

Inspections should preferably be done:

- a) when a measurement mast (in principle a 10-metre mast) with a cup anemometer and weather vane is being placed at a new measuring station, or when the measurement mast at an existing measuring station is being moved;
- b) *ad hoc* when a cup anemometer or weather vane is being replaced.

In these situations, the procedural agreement is that WM/OD will be informed in advance using a timing plan of the forthcoming placement or replacement by Insa/MSB. Within one week of the placement or replacement, WM/OD will be informed of this, including receiving proof of calibration, so that an inspection can take place.

The inspection can cover the following checks:

- d) Comparison of the instantaneous (12") wind speed value measured by the sensor with the instantaneous wind speed value as read off from a reference hand-held anemometer calibrated according to the KNMI calibration procedures (inspection only on request by WA or WM/KD). Should there be an absolute deviation of ≥ 1 m/s, then this fact will be reported by the inspector (also in writing) to WM/KD and Insa/MSB. After receiving this report, the latter body will determine what corrective actions are required, if any. The subsequent procedure (e.g. replacement and recalibration of the operational anemometer and/or recalibration of the control anemometer) will be done according to ISO-9001.
- e) Checking that the calibration period of the measuring instrument has not expired. If this is seen to be the case, then Insa/MSB will be notified so that a replacement can be made.
- f) The positioning of the weather vane will be tested on average once every two years. To do this, the weather vane will be fixed in place and the wind direction being recorded is compared with the value read off from a reference theodolite. This check will be performed for three different orientations (in sector of approximately 120 degrees of arc). The three deviations will be averaged out. {where the masts are more fragile, the check will only be performed for a single position due to the much more time-consuming procedure for fixing the weather vane in place} Should there be an absolute deviation of ≥ 5 degrees, then this fact will be reported by the inspector (also in writing) to WM/KD and Insa/MSB. After receiving this report, the latter body will determine what corrective actions are required, if any.
- g) A visual assessment of whether the circumstances under which the measurements are made and the surroundings meet the conditions laid down. Should this not be the case, then it will be reported by the inspector (also in writing) to WM/KD and Insa/MSB.

Depending on the situation, OD or Insa/MSB will evaluate what corrective actions need to be taken to bring the various items back into line with the operational requirements. The actions may vary from a request that the manager of the observation site concerned should alter the site conditions, through to starting up a procedure to look for a new observation site.

A report of all inspection visits is drawn up by the station inspector. This report is distributed throughout the KNMI, according to a list of staff members concerned that has been drawn up by HOD.

5. Derivation of parameters

5.1 derivation of potential wind speed from measured wind speed

The potential wind speed is the average wind speed (averaged out over a period ≥ 1 minute) that would prevail at the site of the wind mast if the immediate surroundings were flat, as per the WMO standard. In practice, completely flat surroundings for all points of the compass are rarely achievable. In order to derive a potential wind from the measured average wind speed, the average wind speed is multiplied by a factor known as the “sheltering factor”, which varies for each 20 degree sector of the compass.

The sheltering factor (SF) is calculated for all average wind speed data archived in KIS. This comes down to a SF for every 20-degree sector of wind directions per station**. Two SFs are stored per wind direction sector for stations in a more leafy environment (i.e. where the “roughness” of the terrain varies depending on whether there are leaves on the trees), namely one SF for the summer period (1-May through 1-Oct) and one SF for the winter period (1-Oct through 1-May).

** Comment:

The 18 sectors used are 20, 40, 60... 360. The sector 20.n is the group of directions $dd = (20.n - 10) \pm 5$ and $dd = (20.n) \pm 5$.

Example: sector = 60 actually means the range of wind directions between 45 and 65 degrees.

To allow for possible changes in the “roughness” of the surroundings, the shelter factors are recalculated regularly (i.e. once every three years) and whenever the mast is moved.

The calculation of the shelter factor is based on the relationship between the gustiness of the wind and the roughness of the terrain, z_0 . The gustiness is represented by the median value of a set of gust factors: $\langle G \rangle$.

In any random period of time τ , e.g. 10 minutes or 1 hour, $G = \{\text{maximum wind speed during } \tau\} / \{\text{average wind speed throughout } \tau\}$.

The relationship between $\langle G \rangle$ and z_0 has been formulated by Wieringa as follows: (ref. 8, pp. 56 ff.)

- $f_T = 1.0$ for 10-minute data and 1.1 for hourly data;
- $u_x * t = \text{wavelength of the gusts: } \sim 50 \text{ m, assuming a wind gust } u_x \text{ of 15 to 20 m/s lasting for a time } t \text{ of approx. 3 sec.};$
- z : (measurement) height (m)

Remarks:

- a) since G is a function of the average wind speed u , $\langle G \rangle$ must be determined using u within a limited interval: $8 \text{ m/s} < u < 12 \text{ m/s}$.
- b) Using wind speeds above 15 m/s means that “overspeeding” effects can start to happen. This effect is a consequence of the inertia of the anemometer, which is less able to follow a (sharp) drop in wind speed rapidly than a sudden increase in wind speed.

When using 10' data (with $f_T = 1.0$) and $u_x * t \square 50$, the formula becomes:

$$\langle G \rangle = 1 + \{ 2.25 / \ln (z/z_0) \}.$$

$$\text{This gives: } z_0(\langle G \rangle) = z \cdot \exp\{2.25 / (1-\langle G \rangle)\}$$

A modified version of the Beljaars / Wieringa gust model has been described by Verkaik (ref. 21):

$$\langle G \rangle = 1 + \frac{0,88}{\ln \frac{z}{z_0}} * \tilde{u}_p$$

- $u_p = 2.41$ for 10-minute data and 2.99 for hourly data;
- z : (measurement) height (m).

Comment:

The formula assumes an average wind speed of approximately 6 m/s.

In the case of 10' data, the formula becomes:

$$\langle G \rangle = 1 + \{ 2.12 / \ln (z/z_0) \}.$$

$$\text{This gives: } z_0 (\langle G \rangle) = z \cdot \exp\{2.12 / (1 - \langle G \rangle)\}$$

In the following calculation of the SF, the assumption is made that the vertical wind profile is logarithmic so that the following applies for the reduction of the average wind speed at height z_1 to height z_2 :

$$ff_{z_1} / ff_{z_2} = \{ \ln (z_1/z_0) / \ln (z_2/z_0) \}$$

The said assumption is correct up to 60 or 100m altitude and where atmospheric conditions are neutral (applicable where $ff > 5$ m/s). (Wieringa and Rijkoort, ref. 8, para. 3.5)

The above hypothesis is used when the average wind speed at the measurement site is converted to a "fictitious" average wind speed at $z_0 = 0.03$ m, as is the assumption that the wind speed at 60 m (meso-altitude) is roughly the same throughout a large surrounding area (radius = 4 km). The reduction to 60 m altitude is actually done first and then the "fictitious" situation. So, we obtain:

$$SF = ff_{pot} / ff_{met} = \{ \ln (10/z_{0p}) / \ln (60/z_{0p}) \} / \{ \ln (z/z_{0s}) / \ln (60/z_{0s}) \}$$

z_{0p} = roughness for flat surroundings;

z_{0s} = actual roughness at the location of the wind mast; this is calculated for every wind direction sector of 20 degrees;

z = sensor height.

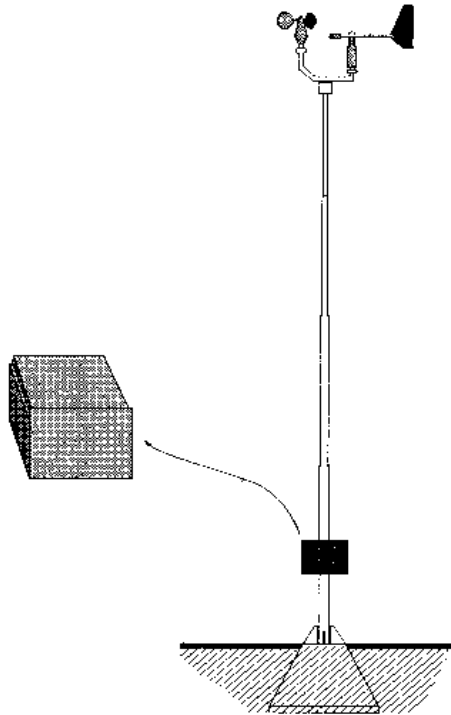
Filling in $z_{0p} = 0.03$ m and $z = 10$ m gives:

$$BF = \frac{1 + \left(\frac{1,79}{2,3 - \ln z_{0s}} \right)}{1,308}$$

6. Setup requirements and conditions for the surroundings

6.1 Setup requirements and facilities

The sensors for measurement of wind speed and direction are mounted on a stable metal or plastic mast. The sensor height is 10 metres above terrain that should in principle be flat.



wind mast

6.2 conditions relating to the surrounding and the measurement location/representativeness of the observations

a) Conditions relating to the surroundings and the measurement location

The roughness z_0 should be < 0.5 m in all directions. This condition implies a shelter factor SF of < 1.2 (less than 20% reduction of the average wind speed).

The distance from the wind mast to any obstacles in the vicinity must be at least ten times and preferably twenty times the height of the obstacle (applies to all obstacles).

The terrain in the immediate vicinity of the wind mast (radius ≥ 100 metres around the measurement site) is flat grassland or a water surface.

b) Conditions relating to the surrounding and the measurement location and representativeness of the observations

The location of the wind mast is such that an observation of the wind can be performed (including any reduction using a shelter factor) that is representative for an area with a radius of 30 km around the measurement site. (NB: for wind measurements on the coast, the degree of representativeness is obviously partly dependent on the wind direction) This condition is based on statistical studies performed by J. Wieringa: *“For a separation of 30km between two observation points in a homogeneous landscape, the difference in wind speed is less than 5% for 90% of the time.”* The density of the wind measurement network required then follows from the level of representativeness to be achieved.

c) *specific conditions relating to the surroundings and the measurement site on an airfield*

The wind observation at an airport must be representative for the wind conditions on the (adjacent) runways for take-off or landing, and in particular for the touchdown zone. In order to realize these objectives as well as possible, the following measures are taken:

- A 10-metre metal wind mast is placed 190 metres away from the centre of the runway. Closer than this to the runway is not possible, since a metal mast may not protrude through what is known as the “obstacle surface”. {the obstacle surface is a plane running parallel to the centre of the runway 120 metres from it and then rising at a 1 in 7 angle}
- In the case of a so-called “frangible” plastic mast with a sensor at a height of 10 metres, the mast can be placed 115 metres from the centre-line of the runway. Closer than this is not possible, given the wingspan of NLA craft and the disruption of the wind behaviour caused by passing aircraft.
- The measurement height for wind speed and direction should preferably be 10 metres and at least 6 metres, placed above flat ground.
- The wind mast is positioned at least 120 metres from the centre of a runway for taxiing, due to the *ad hoc* effects on wind behaviour due to stationary or moving aircraft.
- The wind mast should be placed at a distance of at least 50 metres and preferably at least 100 metres behind the nearby ILS-GP antenna mast [NB: the ILS mast is an open construction approximately 1 metre in width and 9 metres in height]. When placed behind the ILS mast, disturbance of the wind measurement will only occur for wind directions that are inappropriate for use of the runway. Turbulence effects in the airflow as a result of passing a narrow, porous obstacle such as an ILS mast at a distance of 30 times the width of the obstruction will be virtually damped out anyway, and the wind profile at this distance is once again near enough identical to the profile in front of the obstacle. At a distance of 50 metres from an ILS mast, the wind as measured is in principle no longer perturbed.
- Positioning of the wind mast in front of the ILS mast is only possible if the distance is at least 100 metres, due to the possibility of the wind mast interfering with the ILS signal. Furthermore in this case, maintenance or inspection activities on the wind mast can only be carried out when the runway (and therefore the GP antenna too) is not in use.

References

1. World Meteorological Organization, 1996: WMO No. 8, Guide to meteorological instruments and methods of observations, 6th edition, 1996 (in particular Chapter 5); WMO, Geneva, 1996.
2. World Meteorological Organization, 1973, International Meteorological Tables, WMO No. 188; WMO, Geneva, 1973.
3. Statement of operational accuracy requirements of level II data, according to WMO codes SYNOP, SHIP, METAR and SPECI; Annex X of WMO No. 807 (CIMO XI).
4. International Civil Aviation Organization 1998: Meteorological Service for International Air Navigation, International Standards and Recommended Practices, Annex 3 to the Convention on International Civil Aviation, 13th edition; ICAO, Montreal, Canada, 1998.
5. KNMI, 1993: Meteorologische Instrumenten, Elementaire Vakopleiding Meteorologie (EVM) [*Meteorological Instruments, Elementary Professional Training in Meteorology*], module A11, J.G. van der Vliet; KNMI, De Bilt, 1993.
6. KNMI, 1996: Synoptische en klimatologische waarnemingen en codes, Elementaire Vakopleiding Meteorologie (EVM) [*Synoptic and climatological observations and codes, Elementary Professional Training in Meteorology*], module A4/B1, E.Chavanu; KNMI, De Bilt, 1996.
7. KNMI, 1994: Calibratieprocedures van het KNMI-IJklaboratorium volgens ISO-9001 [*ISO-9001 Calibration procedures for the KNMI Calibration Laboratory*], A. van Londen, Insa/IO; KNM, De Bilt, 1994.
8. Windklimaat in Nederland [*Wind Climate in the Netherlands*], J. Wieringa and P. J. Rijkoort, 1983.
9. KNMI, 1992: Basis ontwerp Vernieuwing Operationeel Klimatologisch Informatiesysteem VOKIS [*Basic Design for Renewal of the Operational Climatological Information System*], 1992; KNMI document.
10. KNMI 1997: X-SIAM-specificatie [*X-SIAM Specification*], J. R. Bijma, KNMI/Insa, KNMI document, Insa Document number ID-30-015; KNMI, De Bilt, 1997.
11. Klimatologische gegevens van Nederlandse stations: normalen en extreme waarden van de 15 hoofdstations voor het tijdvak 1961- 1990 [*Climatological data for stations in the Netherlands: normal and extreme values for the 15 main stations in the period 1961 to 1990*], KNMI, 1992, publication number 150-27.
12. ISO-procedures mbt back-up operationele waarnemingen (SYNOP, METAR) [*ISO procedures concerning backup operational observations*] (info from J. van Bruggen, LMD).
13. Nederlands Meetinstituut, 1994; Het Internationale Stelsel van Eenheden (SI) [*The SI System of Units*], NMI, Delft 1994.
14. KNMI, 1994: Handboek Meteorologische Codes [*KNMI manual of meteorological codes*], KNMI, De Bilt, 1994-1999.

15. Beschuttingscorrectie wind [*Shelter factors for wind*], B. Oemraw, KNMI Technical Report TR-52, 1984.
16. XW0-SIAM-Wind 4.0 [*XW0 SIAM Wind 4.0*], J. R. Bijma, KNMI/Insa, KNMI document, Insa Document number ID-30-009, 1998.
17. World Meteorological Organization, 1992: International Meteorological Vocabulary, WMO No. 182, second edition; WMO, Geneva, 1992.
18. Luchtvaartvoorschriften [*Aviation Regulations*]; Staatsuitgeverij, The Hague.
19. World Meteorological Organization, 1995: Manual on Codes, WMO No. 306; WMO, Geneva, 1995.
20. International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology, publ. ISO 1993.
21. Evaluation of Two Gustiness Models for Exposure Correction Calculations, J. W. Verkaik, Journal of Applied Meteorology, Volume 39, pp. 1613 - 1626, 2000.

Chapter 6. Precipitation

- 1 Description
 - 1.1 nomenclature of the variable
 - 1.2 definition; description of the concept
 - 1.3 units
 - 1.4 variables
 - 1.5 element codes
- 2 Operational requirements
 - 2.1 range
 - 2.2 relationship between observational resolution and reporting
 - 2.3 required accuracy
 - 2.4 required observation frequency and times
 - 2.5 data required to be present for each specific period
- 3 Instrumentation and technology used
 - 3.1 technology used and its specifications
 - 3.2 maintenance and calibration procedures
- 4 Procedures
 - 4.1 procedures on failure of automatic observations
 - 4.2 procedures for subsequent validation
 - 4.3 inspection procedures
- 5 Derived data
 - 5.1 precipitation amount or sum for specific periods
 - 5.2 precipitation duration for specific periods
- 6 Setup requirements and conditions for the surroundings
 - 6.1 setup requirements and facilities
 - 6.2 conditions relating to the measurement location and the surroundings; representativeness of the observations
- 7 References

6. Precipitation

1. Description

1.1 nomenclature of the variable

General name: precipitation.

This is also the international nomenclature (WMO No. 8, ref. 1).

1.2 definition; description of the concept

Precipitation is defined as the liquid or solid product of condensation or sublimation of water vapour that falls down out of clouds or groups of clouds and reaches the earth's surface. The concept covers rain, drizzle, super cooled rain, snow, hail, ice rain, ice needles, precipitation from mist, dew, etc.

(WMO No. 8, ref. 1)

1.3 units

The recognized SI units (ref. 14) are:

- precipitation amount: mm (= litre/m²)
- precipitation duration: hour
- precipitation intensity: mm/s (not standard SI: mm/hour)
- occurrence of precipitation: dimensionless: 1 (yes) / 0 (no)
- snow thickness: m or cm
- snow coverage: dimensionless: code (various classes; this is actually height/thickness)
- occurrence of hail: dimensionless: 1 (yes) / 0 (no)

1.4 variables

The following variables may be distinguished:

- **precipitation amount**

The precipitation amount refers to the volume of water per unit area (1 m²) that reaches the earth's surface during the observation period (hour, day, etc.) in solid and/or liquid form.

- **precipitation duration**

The precipitation duration refers to the total time (not necessarily a continuous period) during the observation period (hour, day, etc.) during which precipitation is occurring (=water reaches the earth's surface in solid and/or liquid form).

- **precipitation intensity**

The precipitation intensity is the amount of precipitation [i.e. the volume of liquid, expressed in m³ or litres (=0.001 m³)] per m² per s.

Also: the amount of precipitation (as the thickness of a layer of liquid in m or mm) per second.

Meteorological standard unit: mm/s

- **occurrence of precipitation**

The occurrence of precipitation is given either as "yes" or "no" for each specific period (operational use: 12 seconds), indicating whether precipitation was occurring at any moment during the period concerned. If:

yes: value = 1

no: value = 0

- **snow thickness**

The snow thickness is the vertical thickness of the snow layer at the measurement location at the moment of observation.

- **snow coverage**

Characteristics of the snow present in the immediate vicinity of the measurement site.

- **occurrence of hail**

The occurrence of hail is given either as “yes” or “no” for each 24-hour period (from 08:00 to 08:00 UTC), indicating whether hail (in any form whatsoever) occurred at any moment during the last 24 hours.

1.5 *element codes*

The coding of precipitation in the SYNOP and KLIM is set out in the KNMI Manual of Meteorological Codes (ref. 15). A good guideline is module A4/B1 (“Observing”) of the Elementary Professional Training in Meteorology (ref. 4).

- **reporting precipitation amount in the SYNOP**

The relevant group in the synoptic weather report (section 1) is: 6RRR t_r

The amount of precipitation is stated at the main hours only: 00, 06, 12, 18 UTC.

Indicators: i_r , t_r , RRR:

i_r : code = 1: there was precipitation: amount is stated in code RRR
code = 3: there was no precipitation (precipitation = 0)
code = 4: precipitation not being reported

t_r : code = 1: precipitation during the last 6 hours, reported at 00 and 12 UTC
code = 2: precipitation during the last 12 hours, reported at 06 and 18 UTC

RRR : code = 000 - 989: precipitation amount in whole mm
(example: RRR = 037: precipitation amount ≥ 37 and < 38 mm)
code = 990 - 999 : precipitation amount in tenths of a mm
(example: RRR = 992: precipitation amount ≥ 0.2 and < 0.3 mm,
NB: RRR = 990: precipitation amount > 0.0 and < 0.1 mm)

- **reporting precipitation amount and duration in the KLIM**

The amount and duration of precipitation is stated hourly:

Indicators: i_{rh} , D_r , $R_h R_h R_h$:

i_{rh} : code = 1: there was precipitation: details in D_r and $R_h R_h R_h$
code = 0: there was no precipitation (precipitation = 0)

D_r : code = 0 - 9: precipitation duration in tenths of an hour
(example: $D_r = 3$: precipitation duration ≥ 0.3 hours and < 0.4 hours,
NB: $D_r = 0$: precipitation duration > 0.0 hours and < 0.1 hours)
code = - (dash): precipitation duration: the entire hour

$R_h R_h R_h$: code = 000 - 999: precipitation amount in tenths of a mm
(example: RRR = 134: precipitation amount ≥ 13.4 and < 13.5 mm,

NB: RRR = 000: precipitation amount > 0.0 and < 0.1 mm)
code = 00- : a few drops

• ***coding of precipitation amount, precipitation duration and snow cover in KIS***

When precipitation data is stored in the Climatological Information System (KIS), the following codes are used:

- RH: precipitation amount (same as $R_h R_h R_h$)
- R6: precipitation amount that has fallen in the last 6-hour period
- DR: precipitation duration in the last hour (same as D_r)
- RD: precipitation amount over the last 24 hours, measured at 08 UTC

The *ad hoc* 6-hourly data on the thickness of lying snow is also stored in KIS (measurement points: 00, 06, 12 and 18 UTC) under the code SS.

code number	mm	code number	mm	code number	mm
00	0	34	340	68	1800

01	10	35	350	69	1900
02	20	36	360	70	2000
03	30	37	370	71	2100
04	40	38	380	72	2200
05	50	39	390	73	2300
06	60	40	400	74	2400
07	70	41	410	75	2500
08	80	42	420	76	2600
09	90	43	430	77	2700
10	100	44	440	78	2800
11	110	45	450	79	2900
12	120	46	460	80	3000
13	130	47	470	81	3100
14	140	48	480	82	3200
15	150	49	490	83	3300
16	160	50	500	84	3400
17	170	51	510	85	3500
18	180	52	520	86	3600
19	190	53	530	87	3700
20	200	54	540	88	3800
21	210	55	550	89	3900
22	220	56	560	90	4000
23	230	57	570	91	1
24	240	58	580	92	2
25	250	59	900	93	3
26	260	60	1000	94	4
27	270	61	1100	95	5
28	280	62	1200	96	6
29	290	63	1300	97	<1 mm
30	300	64	1400	98	>4000 mm
31	310	65	1500	99	Measure ment impossibl e or inaccurate
32	320	66	1600		
33	330	67	1700		

The *ad hoc* 24-hourly data on the snow cover is also stored in KIS (measurement point: 08 UTC) under the code S: code digits 0 through 9.

Specific precipitation phenomena such as drizzle, showers, snow, hail, black ice, etc. are coded separately and are given in chapter 14 (present weather, past weather, ground conditions).

2. Operational requirements

2.1 range

The requirements for the operational range of the measurements are:

- total amount of liquid water: 0 to >400 mm
 - snow thickness: 0 to 10 m
- (as per WMO, ref. 1).

2.2 relationship between observational resolution and reporting

The resolution required in the automated observation of precipitation is based on the resolution required in the reporting for synoptic meteorology (refs. 1 and 4). This resolution is consistent with the defined margin of uncertainty in the observations (ref. 1).

- amount of liquid water: 0.1 mm
(as per WMO, ref. 1)
- snow depth: 0.01 m
(as per WMO, ref. 1)
- precipitation duration: 0.1 hour

2.3 required accuracy

International regulations concerning the use of words and concepts such as accuracy, uncertainty and hysteresis are set down in the “International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology” (publ. ISO; see ref. 19).

- The uncertainty (margin of error) in the amount of liquid water as measured should not be greater than:
 - 0.1 mm where the registered amount is ≤ 5 mm;
 - 2% where the registered amount is > 5 mm
 (as per WMO, ref. 1).
- The required operational accuracy for the precipitation amount in the KLIM report is:
 - ± 0.05 mm where the registered amount is ≤ 5 mm
(example: value 3.4 is registered: precipitation amount > 3.35 and ≤ 3.45 mm);
 - $\pm 1\%$ where the registered amount is > 5 mm
(example: value 41.3 is registered: precipitation amount > 40.9 and ≤ 41.7 mm);
- The required operational accuracy for the precipitation amount in the SYNOP report is:
 - ± 0.05 mm where the registered amount is ≤ 1 mm
(example: value 0.4 is registered: precipitation amount > 0.35 and ≤ 0.45 mm);
 - ± 0.5 mm where the registered amount is > 1 mm and ≤ 50 mm
(example: value 34 is registered: precipitation amount > 33.5 and ≤ 34.5 mm);
 - $\pm 1\%$ where the registered amount is > 50 mm
(example: value 81 is registered: precipitation amount > 80.2 and ≤ 81.8 mm);
- The required operational accuracy for the precipitation duration in the KLIM report is:
 - ± 0.05 hours (=3 minutes)

(example: value 3.4 is registered: precipitation duration > 3.35 hours and ≤ 3.45 hours)

- The required accuracy when reading off a conventional manual rain gauge is:
 ± 0.1 mm
 (example: value 3.4 is read: precipitation amount > 3.3 and ≤ 3.5 mm);
- The uncertainty (margin of error) in the measured snow thickness should not be greater than:
 0.01 m where the registered amount is ≤ 0.2 m
 5% where the registered amount is > 0.2 m
 (as per WMO, ref. 1)

2.4 required observation frequency and times

Electronic rain gauge

The average value of the precipitation intensity over the last 12 seconds is registered every 12". Where the precipitation intensity is registered in units of mm/s, this value is actually just the amount of precipitation during this period divided by 12 seconds. Since the precipitation intensity values are stored in the SIAM in units of 0.001 mm/hour, the figure given for the amount measured in the 12" period (in mm) is multiplied by 0.3 (since $1 \text{ mm}/12 \text{ sec} = 0.3 \text{ m/hour}$).

The SIAM also registers and records the following every 12":

- the average precipitation intensity over the last 1 minute: this is the arithmetic mean of the precipitation intensity values of the last five 12" samples;
- the maximum precipitation intensity over the last 1 minute: this is the highest precipitation intensity value from the last five 12" samples;
- the minimum precipitation intensity over the last 1 minute: this is the lowest precipitation intensity value from the last five 12" samples;
- the average precipitation intensity over the last 10 minutes: this is the arithmetic mean of the precipitation intensity values of the last fifty 12" samples;
- the standard deviation of precipitation intensity over the last 10 minutes: this is the standard deviation in the series of precipitation intensity values over the last fifty 12" samples.

Unit of storage for all variables: 0.001 mm/h.

Multiplication of the average precipitation intensity during the last ten minutes gives the amount of precipitation during that ten-minute period. Summation of six successive 10-minute values for the precipitation amount gives an hourly value for the precipitation amount. Summation of 36 successive 10-minute values for the precipitation amount gives an six-hourly value for the precipitation amount, and so forth.

In the 10-minute data storage systems (cf. AWS), the 10-minute values for the precipitation amount are stored after being extracted in the above manner from the SIAM database for each ten-minute period (i.e. at times hh:00, hh:10, hh:20, hh:30, hh:40 and hh:50 for each hour hh).

The hourly precipitation amount for the KLIM or the 6-hourly or 12-hourly precipitation amounts for the SYNOP at a particular hour (observation time 18 UTC for example) are determined at exactly 10 minutes before that hour (in the example, 17:50) and is the amount of precipitation that was measured at the location concerned over the hourly period (or six or

twelve hours) preceding the moment of measurement (in the example: KLIM – period 16:50 to 17:50, SYNOP – period 05:50 to 17:50).

Precipitation detector

The precipitation detector determines every second whether or not there has been any precipitation during the last second. Answer: “yes” or “no”. The SIAM registers every 12” how many 1-second periods there have been with any precipitation during the last 12 seconds. This value is recorded as the number of seconds’ precipitation during the last 12 seconds.

The SIAM also registers and records the following every 12”:

- the number of seconds’ precipitation during the last 1 minute: this is a summation of the precipitation duration values (in seconds) from the last five 12” samples;
- the number of seconds’ precipitation during the last 10 minutes: this is a summation of the precipitation duration values (in seconds) from the last fifty 12” samples.

Unit: s.

In the 10-minute data storage systems (cf. AWS), the 10-minute values for the precipitation duration (=number of seconds’ precipitation in the last ten minutes) are stored after being extracted in the above manner from the SIAM database for each ten-minute period (i.e. at times hh:00, hh:10, hh:20, hh:30, hh:40 and hh:50 for each hour hh).

Summation of six successive 10-minute values for the precipitation duration gives an hourly value for the precipitation duration.

The hourly precipitation duration for the KLIM at a particular hour (observation time 18 UTC for example) is determined at exactly 10 minutes before that hour (in the example, 17:50) and is the precipitation duration that was measured at the location concerned over the hourly period preceding the moment of measurement (in the example: period 16:50 to 17:50).

Snow thickness

If applicable, the current thickness of the snow layer will be determined manually every six hours. The observation times are 00, 06, 12 and 18 UTC. The measurement times are exactly 10 minutes before the hours concerned.

Conventional manual rain gauge

At the specific precipitation stations (approx. 325 of them), the precipitation amount over the previous 24 hours is determined once a day. This determination is performed by manually releasing and measuring the precipitation trapped in the instrument at 5 minutes to 8 UTC.

At these precipitation stations, if applicable, the situation as regards the snow cover at that moment is determined once daily (at 8 UTC). The observation is reported using a code digit.

The observers at these precipitation stations can also, if applicable, optionally indicate once a day (at 8 UTC) whether or not any hail has fallen at any moment during the preceding 24 hours.

2.5 data required to be present for each specific period

Determination of the acceptable length of time that precipitation observations are unavailable is *ad hoc*, based on the operational and prognostic relevance and the relationship with other observations (SYNOP network, radar images and so forth) that are available.

In the SYNOP/KLIM:

- A 1-hourly precipitation value (amount and duration) is not determined and coded if 1 or more of the 10-minute values required are absent;
- A 6-hourly precipitation value (amount and duration) is not determined and coded if 1 or more of the hourly values required are absent;
- A 12-hourly precipitation value (amount and duration) is not determined and coded if 1 or more of the hourly values required are absent;

3. Instrumentation and technology used

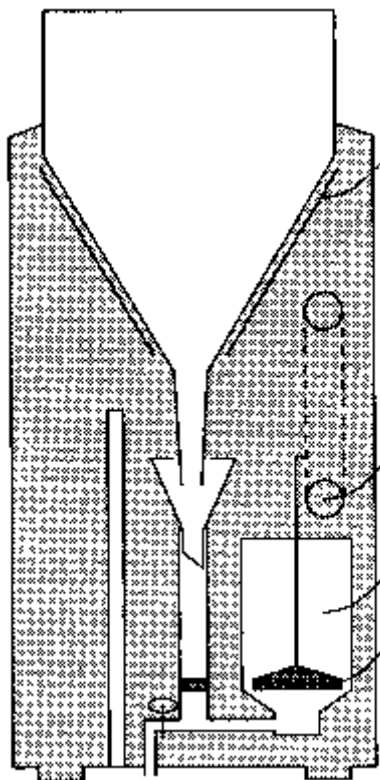
3.1 technology used and specifications

The KNMI uses the following as the standard instruments for measuring precipitation:

- the electronic rain gauge at approx. 30 stations in the Netherlands;
- the electronic precipitation detector at approx. 30 stations in the Netherlands;
- the conventional manual rain gauge at approx. 325 sites in the Netherlands.

Electronic rain gauge

The amount of precipitation that has fallen is determined in the electronic rain gauge by measuring the position of a float that has been placed in the measuring cell where the precipitation is collected. The float is linked to a potentiometer. Solid precipitation (hail, snow) is melted by heating the funnel and then measured as liquid precipitation.



- heating

The measurement frequency is 1/12 Hz. That is, the cell is emptied every 12 seconds and the actual flow of liquid out of it is measured. During this process, allowance is made among other things for precipitation that falls during the emptying process but which has not yet been measured. Allowance is also made for hysteresis effects when the float rises again after the cell is emptied.

- potentiometer

- measuring container

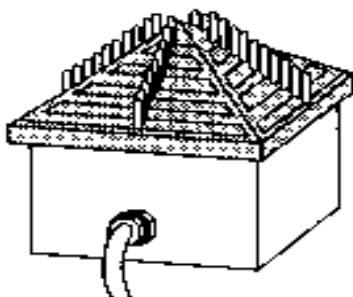
- floater

The precipitation intensity is determined from the difference in the float positions between the moments that the averaging period starts and ends. This ensures that noise is eliminated.

electronic precipitation sensor

The technical specifications of the precipitation meter used with the SIAM are as follows:

Measurement range:	0 to 0.7 mm per 12 seconds
Resolution:	0.1 mm
Accuracy:	±0.2 mm
Measurement frequency:	1/12 Hz.



The precipitation duration is determined using a precipitation detector. This instrument gives the current situation: is precipitation falling or not? The device is fitted with a heating element that has to ensure that the electrodes are dry again within 1 second after the precipitation has run off. Any more new precipitation can then be detected.

Electronic precipitation detector

The technical specifications of the precipitation detector used with the SIAM are as follows:

Activation threshold:	0.02 mm/h
Measurement frequency:	1/12 Hz.

Conventional manual rain gauge



The conventional manual rain gauge consists of two parts: a funnel with a horizontal entry surface of 2 dm², a narrow passage through to the bottom and a collection reservoir. The narrow opening is required in order to prevent the water that has been collected from disappearing due to evaporation.

Measurement of the amount of precipitation in the collection reservoir is done manually, using a plastic measuring cylinder. The resolution of the scale on the measuring cylinder is 0.1 mm.

The representativeness of the measurement can be (seriously) affected by a large number of source of potential errors, such as droplets or snowflakes being blown by the wind, evaporation (particularly of the first drops), losses on pouring it into the measuring beaker, and so on. The actual observational accuracy of the conventional manual rain gauge is therefore more than 0.1 mm in practice. By carefully choosing the environment, the magnitude of the error can be limited (see also para. 6).

Other methods

The KNMI uses radar systems operationally to measure precipitation. However, this methodology falls more in the field of remote sensing and such techniques are as yet beyond the scope of this manual. Furthermore, radar detection always involves observation of precipitation at altitude. This precipitation does not necessarily have to reach the ground.

Snow cover and thickness

The six-hourly observation of the snow thickness for use in the SYNOP is done using a ruler with a millimetre scale. This is pushed into the snow layer.

The snow cover observation at the 325 stations specifically for precipitation observations (once every 24 hours at 08 UTC) is done partly using a ruler and partly by visual

interpretation of the current snow cover situation (complete or broken) in the area around the observation station. The observation is recorded using a code (code digits 0 through 9). (ref. 7)

3.2 *maintenance and calibration procedures*

The sensors for the precipitation measurement and detection must meet the accuracy requirements. This means that they require maintenance, during which the instruments are checked and adjusted at intervals determined through experience and are calibrated to ensure that they meet the requirements that have been laid down. A calibration certificate is registered, in which the reference measurement values can be entirely reduced to the internationally recognized standard. The KNMI department Insa is responsible for the calibration procedures, which are laid down in Insa's (ISO-9001) quality system, as part of procedure 2.2.3 "control procedure for preventive maintenance" (ref. 10).

4. Procedures

4.1 *procedures on failure of automatic observations*

The SYNOP and KLIM reports are not filled in when the automatically generated values are absent. Estimation of the precipitation conditions in the region concerned is done using the observations from neighbouring synoptic stations and radar imagery.

4.2 *procedures for subsequent validation*

The KNMI's Climatological Information system (KIS) contains archived precipitation data for the stations on land and at sea. Data input of the precipitation values RH, R6, DR and RD (plus the snow cover data SS and S as appropriate) into KIS is done daily, using the hourly, six-hourly and 24-hourly values from the previous day (hourly periods $h = 00$ to 23 UTC).

28 Automated checking procedures

The new RH, R6, DR and SS values that have just been entered are subjected to automated checking procedures. The following procedures are carried out for each station:

RH

- a. if $WW = 20$ or $21 \dots 27$ or $50 \dots 97$ or 99 , then RH must be $\neq 0$, otherwise suspect,
- b. if $WW < 20$ and $WW \neq 17$, then RH must be $= 0$, otherwise suspect,
- c. if $W2 = 0$ and $W3 = 0$ and $W4 = 0$, then RH must be $= 0$, otherwise suspect,
- d. if $W2 = 1$ or $W3 = 1$ or $W4 = 1$, then RH must be $\neq 0$, otherwise suspect,
- e. RH must be ≤ 90 , otherwise suspect,
- f. RH must be ≥ 0 , otherwise suspect.

R6

- a. if any one of the elements $W2$, $W3$ or $W4 = 1$ in any hour h , $h-1$, $h-2 \dots h-5$, then R6 for hour h must be $\neq 0$, otherwise suspect,
- b. if the elements $W2$, $W3$ and $W4 = 0$ in all the hours h , $h-1$, $h-2 \dots h-5$, then R6 for hour h must be $= 0$, otherwise suspect,
- c. R6 must be ≤ 160 , otherwise suspect.

Comment: the checks for R6 are only applicable to stations that do not generate RH hourly values.

DR

- a. if $RH = 0$ then DR must be $= 0$, otherwise suspect,
- b. if $RH > 2$ then DR must be > 0 , otherwise suspect,
- c. DR must be ≤ 10 , otherwise suspect,
- d. DR must be ≥ 0 , otherwise suspect,
- e. if $DR \neq 0$ then WW must be $= 20$ or $21 \dots 27$ or $50 \dots 97$ or 99 , otherwise suspect,
- f. if $W2 = 0$ and $W3 = 0$ and $W4 = 0$, then DR must be $= 0$, otherwise suspect,
- g. if $DR \neq 0$ then $W2$ or $W3$ or $W4$ must be $= 1$, otherwise suspect,
- h. if $DR \neq 0$ then RH must be ≥ 1 , otherwise suspect.

SS

- a. if $E \leq 4$ then SS must be $= 0$, otherwise suspect,

- b. if $E > 4$ then SS must be > 0 , otherwise suspect,
- c. SS must be $= 0$ or $1 \dots 50$ or $97 \dots 99$, otherwise suspect,
- d. if W3 for hour h through to hour $h-5$ are all $= 0$, then $SS_h \leq SS_{h-6}$ (except where SS $= 97$ or 98 or 99), otherwise suspect.

The meaning of the codes WW, W_i ($i = 2, 3, 4$) and E is described in ref. 4 and will be introduced at the appropriate time in chapter 14 of the Manual.

Validation

The KNMI's Climatological Service division (WM/KD) is responsible for the validity of precipitation and snow cover data finally stored in KIS. This applies both to the values that are automatically checked for validity according to the above procedures, and to the 24-hourly values RD and S.

This means that WM/KD in principle assesses every value daily (on working days only), assisted by the output of the test procedures described above. A missing value or a value that is evidently incorrect will be replaced by the KD if possible, based on procedures defined by WM/KD (described in an internal document, the KD Procedures Manual).

The alternative value can be based among other things on:

- linear interpolation of adjacent (correct) values in the time series;
- spatial interpolation based on synchronous values from two or more nearby stations;
- estimation of the hourly value based on the time series of 10-minute data that can be retrieved from AWS.

Replacement is done by hand, during which every case is individually assessed.

The precipitation measurement values from a (automatic) meteorological station are missing or are suspect, then the 24-hourly values from neighbouring precipitation stations (08 – 08 UTC measurement) and the radar images are used to provide an (estimated) distribution of the 24-hourly total over the individual hours. (ref. 9)

The KNMI's Operational Data division (WM/OD) will be informed if missing or suspect observations are noted. Based on this, steps can be taken such as maintenance (by the Insa/MSB division).

4.3 inspection procedures

Electronic precipitation measurement (approx. 30 stations)

Every site within the KNMI observation network where electronic precipitation measurements are made (amount, detection) is inspected on average once annually by an official from WM/OD/station management.

Extra interim inspections can also be carried out on request by WA or WM/KD if (validation of) the data gives cause for this. Inspections should preferably be done:

- a) when a new observing station is being established (including precipitation measurement and detection) or when the (precipitation) measurement location for an existing observing station is being moved;
- b) *ad hoc* when the instruments for precipitation measurement and detection are being replaced.

In these situations, the procedural agreement is that WM/OD will be informed in advance using a timing plan of the forthcoming placement or replacement by Insa/MSB. Within one week of the placement or replacement, WM/OD will be informed of this, including receiving proof of calibration, so that an inspection can take place.

The inspection can cover the following checks:

- h) Checking that the calibration period of the measuring instrument has not expired. If this is seen to be the case, then Insa/MSB will be notified so that a replacement can be made.
- i) A visual assessment of whether the circumstances under which the measurements are made and the surroundings meet the conditions laid down. Should this not be the case, then it will be reported by the inspector (also in writing) to WM/KD and Insa/MSB. Depending on the situation, OD or Insa/MSB will evaluate what corrective actions need to be taken to bring the various items back into line with the operational requirements. The actions may vary from a request that the manager of the observation site concerned should alter the site conditions, through to starting up a procedure to look for a new observation site.

A report of all inspection visits is drawn up by the station inspector. This report is distributed throughout the KNMI, according to a list of staff members concerned that has been drawn up by HOD.

Manual precipitation measurement (approx. 325 stations)

Every site within the KNMI observation network where manual precipitation measurements are made is inspected on average once every two years by an official from WM/OD/station management.

Extra interim inspections can also be carried out on request from WM/KD if (validation of) the data gives cause for this.

Inspection also takes place when a new observing station is being established or when the measurement location for an existing observing station is being moved.

The inspection can cover the following checks:

- checking the condition of the instrument and cleaning as required;
- checking that the surroundings (still) meet the conditions laid down; relocation if needed, in discussion with the observer;
- checking everything is correctly set up (properly levelled etc.); correction if needed;
- contact with the observer: keeping each other up to date;
- dealing with various items in the dossier of the station concerned.

5. Derived data

5.1 Precipitation amount or sum for specific periods

In the case of a period of a single second, the sum precipitation over the period is numerically the same as the precipitation intensity during the one-second period (unit: mm).

In the case of a period of more than one second, say n seconds (where $n > 1$), the amount of precipitation over the period is the integrated precipitation sum over the n seconds involved (unit: mm).

5.2 Precipitation duration for specific periods

In the case of any random period, say n seconds, the total precipitation duration within this period is the sum total of seconds within this period during which precipitation occurred.

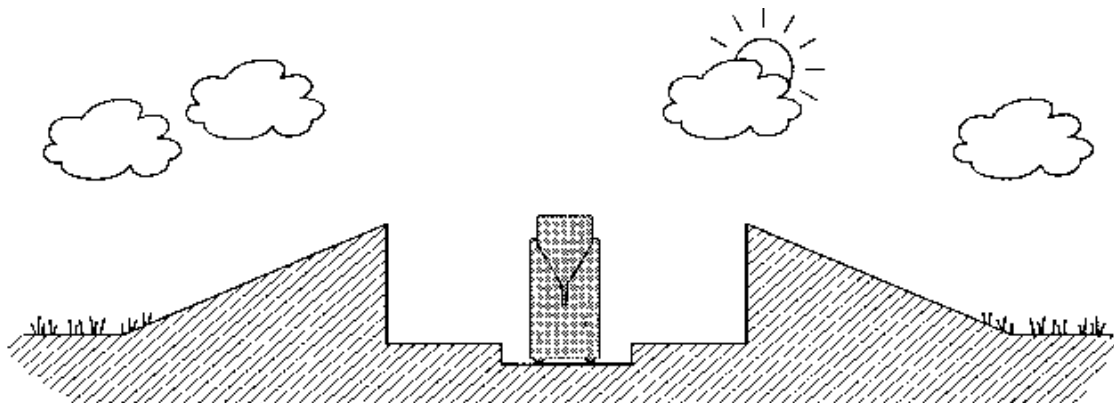
6. Setup requirements and conditions for the surroundings

6.1 Setup requirements and facilities

The positioning of the precipitation meter and the precipitation detector must be done in such a way that precipitation from all directions can fall unrestricted on the collection aperture or the sensor surface. The immediate vicinity of the instruments must be horizontal and can be covered with grass, short ground-covering plants, soil or gravel. Hard, flat surfaces are undesirable due to the risk of water spattering up from the ground and falling into/onto the instrument. A certain amount of protection at a small distance is desirable, to prevent rain or snow from being blown in by the wind.

The upper rim of the precipitation meter must be horizontal. The standard height of the rim is 40 cm above ground level. (ref. 3)

The standard arrangement for the electronic rain gauge is the “English” setup. The rain sensor is surrounded by a wall of earth with a diameter of 3 metres and a height of 40 cm (i.e. this is the height of the upper edge). On the other side of the wall there is a slope to ground level. This arrangement minimizes the effect of blowing and drifting in the wind. This is the arrangement recommended by Braak (1945), particularly for unprotected places (ref. 8).



protected installation

6.2 Conditions relating to the measurement location and the surroundings; representativeness of the observations

The distance from the precipitation measurement location to nearby obstacles (trees, hedgerows, walls, houses, etc.) should be at least two times and preferably four times the height of the obstacle above the plane of the top edge of the precipitation meter.

Example: the height of an obstacle such as a 3-metre hedge is $3.0 - 0.4 = 2.6$ m. The distance from the measurement site to this hedge should be at least $(2 \times 2.6 =) 5.2$ m and preferably $(4 \times 2.6 =) 10.4$ m.

(as per WMO, ref. 1).

When a (new) station is being established, this condition often turns out to be unrealistic for the conventional manual rain gauge. For practical reasons, the KNMI has adopted the condition for these stations that the distance from the precipitation measurement location to nearby obstacles (trees, hedgerows, walls, houses, etc.) should be at least equal to the height of the obstacle above the plane of the top edge of the precipitation meter. The station management inspector who is responsible for the positioning of the station should of course always attempt to choose the location in such a way that the influence of any obstacles there may be is negligible.

The chosen arrangement and the measures taken relating to the surroundings will limit systematic errors in the measurement of precipitation as a result of evaporation or drifting/blowing (of droplets or of snow). This is one reason why no corrections are made. The development of a correction algorithm using *inter alia* input information relating to current meteorological parameters such as wind, radiation and temperature is optional (these various items being based on WMO studies, ref. 6).

References

1. World Meteorological Organization, 1996: WMO No. 8, Guide to meteorological instruments and methods of observations, 6th edition, 1996 (in particular Chapter 6); WMO, Geneva, 1996.
2. Statement of operational accuracy requirements of level II data, according to WMO codes SYNOP, SHIP, METAR and SPECI; Annex X to WMO No. 807 (CIMO XI).
3. KNMI, 1993: Meteorologische Instrumenten, Elementaire Vakopleiding Meteorologie (EVM) [*Meteorological Instruments, Elementary Professional Training in Meteorology*], module A11, J. G. van der Vliet; KNMI, De Bilt, 1993.
4. KNMI, 1996: Synoptische en klimatologische waarnemingen en codes, Elementaire Vakopleiding Meteorologie (EVM) [*Synoptic and climatological observations and codes, Elementary Professional Training in Meteorology*], module A4/B1, E. Chavanu; KNMI, De Bilt, 1996.
5. Neerslag en verdamping [*Precipitation and Evaporation*], T. A. Buishand and C. A. Velds, 1980 (KNMI publication).
6. Methods of correction for systematic error in point precipitation measurement for operational use, B. Sevruk, WMO No. 589, 1982.
7. Sneeuwdek in Nederland 1961 – 1990 [*Snow cover in the Netherlands 1961 – 1990*], A. M. G. Klein Tank, KNMI publication no. 150-28.
8. Invloed van de wind op regenwaarnemingen, KNMI Meded. en .Verhand.48 [*Effect of wind on observation of rain, KNMI Reports and Essays*], C. Braak, Rijksuitgeverij The Hague, 1945.
9. WMO No.168, Volume I, WMO guide to hydrological practices, pp.43 and 44, 1981.
10. KNMI, 1994: Calibratieprocedures van het KNMI-IJklaboratorium volgens ISO-9001 [*ISO-9001 Calibration procedures for the KNMI Calibration Laboratory*], A. van Londen, Insa/IO; KNMI, De Bilt, 1994.
11. KNMI, 1992: Basis ontwerp Vernieuwing Operationeel Klimatologisch Informatiesysteem VOKIS [*Basic Design for Renewal of the Operational Climatological Information System*], 1992; KNMI document.
12. KNMI 1997: X-SIAM-specificatie [*X-SIAM Specification*], J. R. Bijma, KNMI/Insa, KNMI document, Insa Document number ID-30-015; KNMI, De Bilt, 1997.
13. ISO-procedures mbt back-up operationele waarnemingen (SYNOP, METAR) [*ISO procedures concerning backup operational observations*] (info from J. van Bruggen, LMD).
14. Nederlands Meetinstituut, 1994; Het Internationale Stelsel van Eenheden (SI) [*The SI System of Units*]; NMI, Delft 1994.
15. KNMI, 1994: Handboek Meteorologische Codes [*KNMI manual of meteorological codes*]; P. Y. de Vries, KNMI, De Bilt, 1994-1999.

16. International Civil Aviation Organization 1998: Meteorological Service for International Air Navigation, International Standards and Recommended Practices, Annex 3 to the Convention on International Civil Aviation, 13th edition; ICAO, Montreal, Canada, 1998.
17. Klimatologische gegevens van Nederlandse stations: normalen en extreme waarden van de 15 hoofdstations voor het tijdvak 1961- 1990 [*Climatological data for stations in the Netherlands: normal and extreme values for the 15 main stations in the period 1961 to 1990*]; KNMI, 1992, publication number 150-27.
18. XR1-SIAM: Neerslag [*XR1-SIAM: Precipitation*]; J. R. Bijma, KNMI/Insa, KNMI document, Insa Document number ID-30-014.
19. International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology, publ. ISO 1993.

Appendix:

1. Protocol for Measurement Infrastructure Changes

1.1 Problem

Long-term meteorological data (both satellite and conventional) is increasingly being used for detecting and determining the causes of climate change and for measuring low-frequency climate variability. In the past, inhomogeneities² have been introduced into the sequences, which now mean that the usefulness of those series for that sort of climate research is limited. If no action is taken, new inhomogeneities will also arise in the climate sequences in the future. An attempt is therefore being made within GCOS (Global Climate Observing System) to set up a proportion of the existing observation systems in such a way that good quality climate series are guaranteed (e.g. GCOS Surface Network, GSN). The KNMI can go along with this by drawing up a “Protocol for Measurement Infrastructure Changes”.

Although the KNMI does its best to prevent inhomogeneities, performing parallel measurements where necessary, the observations (even from the main stations) do not always appear to be suitable for climate research. One of the reasons for this is that there are no adequate guidelines about how to deal with planned changes in the measurement infrastructure. The WMO goes no further in the *Guide to Climatological Practices* than the following recommendation: “When a major relocation of a station is necessary, or when one stations is to be replaced by another one nearby, it is desirable to operate both observing stations for a period of one year to find out what the effect the move has on the observational data” (WMO No. 100, 1983). A recommendation such as this is also insufficient to guarantee series of measurements that are homogeneous over the required time frame. A second reason is financial in nature. Parallel measurements, for example, mean that the costs of a change in the measurement infrastructure are significantly increased. The priority of such an action is therefore low.

1.2 Proposal

It is proposed that a protocol should be developed by HISKLIM. This “Protocol for Measurement Infrastructure Changes” will be drawn up for a number of as yet undetermined KNMI observation stations (measurements)³ that are important in detecting and determining the causes of climate change. International recommendations for climate monitoring⁴ (see Karl *et al*, 1995 and NRC, 1999) will be made concrete in the protocol. The protocol can be part of the Observations Manual, but should then have a status that is more than just that of a recommendation. The protocol will be presented to both the cgNAWA and the HISKLIM programme council for evaluation. Upon approval, the protocol will be presented to the MT by HISKLIM. Financial resources will have to be reserved for the implementation of the protocol.

The estimated capacity needed for this activity is approx. one man-month.

Karl *et al*, 1995: Critical issues for long-term climate monitoring, *Climatic Change* **31**: 185–221.

NRC (National Research Council), 1999: *Adequacy of Climate Observing Systems*, National Academy Press, 51 pp.

² Inhomogeneities in climate sequences are caused by repositioning of the station or of the instrument (both horizontally and vertically), changes in the instrumentation or measurement method or the surroundings, etc.

³ For example: measurements of temperature, air humidity, precipitation, etc. at the five main stations, radio-sonde measurements, radar measurements, ozone measurements.

⁴ Examples of this are: management of changes in the measurement network, performing parallel measurements, determining the correct metadata and making it accessible, monitoring the homogeneity of the series.

Appendix:**Dutch Terms and Abbreviations**

		Dutch term	English translation or near equivalent		
		AWS	automatische weerstation	AWS	automatic weather station
		CCM	Coördinatiecommissie Meteorologie		Meteorological Coordination Commission
<i>KNMI div.</i>		Insa	Instrumentele Afdeling		Instrumentation Division
<i>KNMI div.</i>		KD	Klimatologische Dienst		Climatological Services
		KLu	Koninklijke Luchtmacht	RNLAF	Royal Netherlands Air Force
		KM	Koninklijke Marine	RNLN	Royal Netherlands Navy
		KNMI	Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut		Royal Netherlands Meteorological Institute
<i>KNMI dept.</i>		MI	Meestsystemen en Infrastructuur		Measurement and Information Systems
<i>KNMI div.</i>		MSB	Meestsystemenbeheer		Measurement Systems Management
		NKO			Dutch Calibration Organization
<i>KNMI div.</i>		OD	Operationele Data		Operational Data
		RvA			Accreditation Council
		RWS	Rijkswaterstaat		Department of Public Works
<i>KNMI h/w</i>		SIAM	sensor intelligent aanpassingsmodule		intelligent adaptive sensor module
		VenW	Verkeer en Waterstaat		(Ministry of) Transport, Public Works and Water Management.
<i>KNMI dept.</i>		WA	Weersverwachtingen en Adviezen		Forecasting Services
<i>KNMI dept.</i>		WM	Waarnemingen en Modellen		Observations and Models

Names of KNMI departments/divisions/hardware are the translations they use internally