



Rapportage Voorstudie herinrichting Cabauw

Projectgroep Voorstudie Herinrichting Cabauw

Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut

Intern rapport; IR 2000-05

De Bilt, 2000

P.O. Box 201
3730 AE De Bilt
Wilhelminalaan 10
Telephone +31 30 220 69 11
Telefax +31 30 221 04 07

Auteur: Projectgroep Voorstudie Herinrichting Cabauw;
voorzitter Hans de Jongh

De reeks Intern rapport is in juli 2000 gestart en geeft bij afsluiting de vorderingen rond een project of instrument weer.

De inhoud is primair bestemd voor KNMI-ers, maar de publicaties zijn verder openbaar. Lezers van buiten het instituut dienen er echter wel rekening mee te houden dat het gebruikte jargon niet in alle gevallen voor buitenstaanders duidelijk zal zijn.

Rapportage Voorstudie herinrichting Cabauw

Door: Projectgroep Voorstudie Herinrichting Cabauw

Datum: 1-4-2000

1 Inleiding

Enige jaren geleden is besloten om de meetmast Cabauw na afloop van het TEBEX-experiment opnieuw in te richten. Over de wijze waarop de mast opnieuw moest worden ingericht zijn een 2-tal vooronderzoeken gedaan. In het eerste onderzoek is uitgegaan van een zeer uitgebreide instrumentatie, gebruik makend van specifieke sensoren (Monna, 1996). In het tweede onderzoek is nagegaan of het mogelijk is de meetmast in te richten als een standaard automatisch station met een standaard inwinsysteem (de Jongh, 1997). Door het MT is begin 1997 besloten om laatst genoemde optie te realiseren.

Bij de opschoning van de mast is de bestaande infrastructuur, zoals bekabeling en energie gehandhaafd. Na de definitieve inrichting van de mast zal deze een tweeledig doel krijgen n.l., mogelijkheden bieden voor het uitvoeren van experimenten en het leveren van een continue achtergrondstroom van informatie van standaardsensoren.

Om inzicht te krijgen hoe standaardinstrumenten zich in de meetmast gedragen, hoe de opstelling van de verschillende sensoren t.o.v. elkaar moet zijn en welke problemen er bij de installatie verwacht kunnen worden, is besloten om een experiment op het 80 meter niveau uit te voeren.

Een projectgroep bestaande uit:

Hans de Jongh (Vz.)	(INSA)
Bob van den Berg	(INSA)
Ad Blanckestein	(INSA)
Jan Bijma	(INSA)
Fred Bosveld	(KS)
Rudmer Jilderda	(KD)
Eric Meijer	(KS)
Wim Monna	(KS)
Ronald van de Vate	(WM)

heeft dit experiment voorbereid, uitgevoerd en de meetgegevens geanalyseerd. Deze notitie geeft een overzicht van de ervaringen die gedurende de meetperiode zijn opgedaan, van de uiteindelijke meetnauwkeurigheid en van de definitieve keuze en opstelling van de instrumenten.

2 Verloop Experiment

Na een voorbereidingsfase van enige maanden, is begin 1998 de ZO uithouder van het 80 meter niveau van een temperatuur - en vochtsensor voorzien. Op alle 3 de uithouders op 80 meter hoogte zijn een standaard windvaan, een standaard cupanemometer en een kast met SIAM's geplaatst. In de kelder van het onderkomen bij de mast is een inzamel PC geplaatst. Op 11 april is met de inzameling van gegevens gestart. Aanvankelijk was het de bedoeling om in oktober 1998 de metingen te stoppen maar door de vele onderbrekingen en de gevonden onderlinge verstoring van de instrumenten is besloten de meetperiode aanmerkelijk uit te breiden.

De belangrijkste redenen voor de onderbrekingen zijn:

-De problemen met de stabiliteit van de netspanning waardoor de inzamelcomputer van slag raakte. Na het plaatsen van een UPS is dit euvel verholpen.

-Tijdens de experimenten zijn de werkruimten aan de voet van de mast opgeknapt. Ook is de 220 V voorziening in de mast aangepast en uitgebreid. Dit heeft veel onderbrekingen in de gegevensstroom veroorzaakt. Aangezien de inzamelcomputer onbeheerd heeft gedraaid, duurde het soms lange tijd voordat iemand in Cabauw langs kwam en de inzameling weer opstartte.

-Het hydraulisch systeem waarmee de uithouders kunnen worden ingeklapt heeft ons permanent parten gespeeld. Aanvankelijk was het systeem defect waardoor geen sensoren konden worden geplaatst en vervangen. Begin 1999 is het systeem olie gaan lekken omdat een klep op 180 m defect was geraakt. De olie is in de mast naar beneden gelopen waardoor het niet meer verantwoord was de mast te betreden. Het schoonmaken van de mast heeft ongeveer een half jaar geduurd. In die periode was het niet mogelijk sensoren te verwisselen. Dit heeft o.a. tot gevolg gehad dat een vochtsensor, die afwijkingen was gaan vertonen en vervangen moest worden, veel te lang op de uithouder heeft gestaan.

De metingen zijn op 17 november 1999 gestaakt omdat de totale mast opnieuw beïnstroomd moest worden t.b.v. het Baltex experiment. Hoewel de kwaliteit van de ingewonnen gegevens niet altijd even goed is, blijkt er toch voldoende materiaal verzameld te zijn om conclusies over de bruikbaarheid van de standaardsensoren in de mast te kunnen trekken.

3. Instrumentatie

3.1 Sensoren

3.1.1 Temperatuurmetingen

Voor de temperatuurmeting is gebruik gemaakt van de standaard Pt-500 sensor zoals die ook in de rest van het operationele meetnet wordt gebruikt.

De sensor is geplaatst in een standaard temperatuurhutje. In eerste instantie is alleen een sensor in de ZO uithouder geplaatst maar in de loop van het project is ter onderlinge vergelijking een tweede temperatuursensor met hutje in de N uithouder geplaatst.

De eerste sensor is bij de start van het experiment (april 1998) geïnstalleerd en is op 17-11-1999 verwijderd. De tweede temperatuursensor is in juli 1998 geïnstalleerd en de metingen met deze sensor zijn ook op 17-11-99 gestopt i.v.m. het beëindigen van de meetcampagne.

De temperatuurmetingen hebben technisch gezien geen problemen opgeleverd.

3.1.2 Vochtmetingen

Voor de vochtmetingen bij dit experiment is gebruik gemaakt van de Vaisala HMP-233 sensoren zoals die ook in het operationele meetnet worden gebruikt. Evenals voor de

temperatuurmetingen is het project gestart met een enkele vochtmeting in de ZO uithouder maar in juli 1998 is ter onderlinge vergelijking een tweede vochtmeter in de N uithouder geplaatst.

De vochtmeter en de temperatuursensor zijn samen in één hutje geplaatst. Deze opstelling wordt ook gebruikt op de Noordzeestations en werkt daar naar tevredenheid. De reden om de beide sensoren in een hutje te plaatsen is de reductie van het gewicht van de instrumenten aan het einde van de uithouder. Twee hutjes aan het einde van een uithouder zal zeker extra mechanische voorzieningen vergen.

De ijktermijn van een vochtsensor is 8 maanden. De verschillende vochtsensoren hebben deze periode niet allemaal vlekkeloos gewerkt. Uit de vergelijking van de meetgegevens van de twee vochtsensoren (zie paragraaf 4) blijkt dat er grote verschillen bestaan tussen de meetwaarden. Door de olie in de mast was het niet mogelijk de sensoren te vervangen door sensoren met een juiste ijking. Pas toen in juni 1999 de mast weer toegankelijk werd, zijn de sensoren omgewisseld. Beide sensoren (van de ZO uithouder en de N uithouder) zijn door het ijkclub onderzocht en het bleek dat één van hen een aanzienlijke afwijking vertoonde tot max. 6%.

Uit de data-analyse (zie par. 4.2) is gebleken dat het type Vaisala HMP-233 vochtsensoren niet stabiel genoeg zijn voor de experimenten zoals die in de mast zijn voorzien. Besloten is om tijdens het Baltex experiment een nieuwer type vochtsensor te gebruiken (Vaisala HMP-243) hoewel deze niet in het operationele meetnet wordt gebruikt en er nog weinig ervaring met deze sensor is opgedaan. De HMP-243 is in een apart klein hutje onder gebracht zoals dat door Vaisala is ontworpen. Fig. 1 geeft een overzicht van de temperatuur/vochttopstelling zoals die tijdens het Baltex experiment zal worden gebruikt.

3.1.3 Windrichting

Voor het meten van de windrichting is de standaard windvaan gebruikt. Op alle drie de uithouders is een dergelijk instrument geplaatst. De windvaneën zullen worden gebruikt ter compensatie van de mastinvloed en voor de selectie van de uithouder waarvan de anemometer wordt gebruikt voor het meten van de windsnelheid en de windrichting.

Op de plug van de windvaan bevindt zich een merkteken dat naar het noorden moet staan. In de oude opstelling (voor de renovatie) werden de merktekens in de richting van het midden van de meetmast gericht en werd de afwijking met de noordrichting softwarematig gecorrigeerd. In de nieuwe opstelling is een softwarematige aanpassing niet meer mogelijk. De SIAM kent een dergelijke voorziening voor een individuele sensor niet. Ook de computers in het verdere traject zijn hier niet op ingericht. Dit betekent dat de plug in de juiste stand moet worden gezet (de vereiste nauwkeurigheid is ongeveer een graad). Aangezien de plug aan het einde van de uithouder zit, is dit zonder hulpmiddelen niet mogelijk. Daarom is er een instrument ontwikkeld met een beweegbare camera waarmee de plug kan worden uitgericht. Bijlage 1 geeft een verdere beschrijving van het instrument.

Er zijn twee maal problemen geweest met de windvaan gedurende de meetperiode. Beide zijn waarschijnlijk veroorzaakt door overspanning in de elektronica van de codeschijf veroorzaakt door onweer in de buurt van de mast. Het verdient aanbeveling om de elektronische schakeling in de windvaan nog eens nader te bekijken op dit probleem.

3.1.4 Windsnelheid

Voor het meten van de windsnelheid is gebruik gemaakt van standaard cup anemometers. Deze hebben gedurende het experiment probleemloos gewerkt. Alleen in verband met het verstrijken van de ijktermijn (14 maanden) zijn de anemometers een keer uitgewisseld.

3.1.5 SIAM

Voor het verwerken van de gegevens van de sensoren zijn de standaard SIAM's gebruikt. In de bestaande SIAM was al een extra voorziening getroffen voor het geval de uithouder omhoog wordt gezet. In de outputstring van de SIAM wordt dan aangegeven dat de meetgegevens ontbreken. In de temperatuur/vocht SIAM is nu ook een dergelijke voorziening aangebracht.

In de mast bevindt zich een schakeling, die de stand van de mast detecteert en dit aan de SIAM signaleert.

3.1.6 Uithouders

Fig. 2 (linker helft van de figuur) geeft een overzicht van de uithouders en de positie van de sensoren bij de aanvang van het experiment. Evenals vòòr de renovatie, heeft ook tijdens dit experiment op de ZO-uithouder alleen een windvaan gestaan (zie fig. 3) en op de andere 2 uithouders een windvaan en een anemometer (zie fig. 4).

De cupanemometer is op enige afstand (50 cm) boven de uithouder opgesteld om de verstoring door de uithouder te verminderen (zie fig. 4).

Aanvankelijk is alleen op de ZO-uithouder een temperatuur/vocht sensor geplaatst; later (juli 1998) is op de N-uithouder ook een temperatuur en vocht opstelling geplaatst.

Uit een analyse van de meetgegevens is gebleken dat de sensoren voor de meting van windrichting en windsnelheid elkaar toch nog te veel verstoren. De windvaan is daarna op een andere plug op de uithouder geplaatst wat een significante vermindering van de onderlinge verstoring betekende. De rechter helft van fig. 2 geeft de positie van de sensoren in de verbeterde opstelling weer. Deze opstelling zal ook tijdens het Baltex experiment worden gebruikt.

Op het begin van de uithouder is een schakelaar aangebracht, die van stand verandert indien de uithouder omhoog wordt gehaald. De SIAM detecteert de stand van de schakelaar, stopt met het doorgeven van gegevens en geeft een statuscode die hoort bij een gekantelde mast. Op deze wijze wordt voorkomen dat er onjuiste gegevens in de database komen.

3.2 Inwinning Gegevens

De gegevens van de SIAM's zijn ingewonnen op een PC. Aan deze PC was een ZIPdrive gekoppeld. Een maal per dag zijn de gegevens van de computer naar de ZIPdrive gekopieerd. Op gezette tijden is de ZIP-cartridge met gegevens naar het KNMI gebracht en de data op de voor ieder toegankelijke N-drive gezet. Zowel door medewerkers van KS als van de KD zijn de gegevens bekeken.

Aangezien het niet mogelijk was om de werking van de PC vanuit het KNMI te controleren, kwamen storingen pas aan het licht als een medewerker van het KNMI een bezoek bracht aan de mast. In de meetreeksen ontbreken daarom nogal wat data.

4 Evaluatie gegevens

4.1 Beschikbaarheid

Door de KD is een 3-tal evaluaties gemaakt over de beschikbaarheid van de gegevens en een schatting over de betrouwbaarheid van de metingen. Uit de eerste evaluatie over de periode april t/m juli 1998 blijkt dat de beschikbaarheid te wensen over laat. Dit zijn gedeeltelijk aanvangsproblemen met de inzoom-PC maar ook storingen in de netspanning zijn debet aan het ontbreken van gegevens. Uit de vergelijking tussen de temperatuurmetingen op de ZO uithouder en de N-uithouder blijkt dat er een zeer gering systematisch verschil van ongeveer 0.1 C is tussen de meetwaarden. Tussen de vochtmetingen onderling blijkt een onaanvaardbaar systematisch verschil te zijn. (5%). De ijking van één van de vochtsensoren is buiten de tolerantie geraakt en in november 1998 is de sensor vervangen.

De gemiddelde onderlinge verschillen tussen de gemeten windrichtingen op de drie uithouders is gering en bedraagt ongeveer 1 graad.

In de analyse over de periode april 1998 t/m december 1998 blijkt dat de gegevens wel regelmatig binnen komen maar dat er nog steeds een aanzienlijk verschil tussen de resultaten van de beide vochtsensoren bestaat. Waarschijnlijk is er nog steeds een probleem met één van de vochtsensoren maar door de defecten aan het hydraulisch systeem heeft het verwisselen van sensoren pas medio 1999 plaatsgevonden.

4.2 Vergelijking meetresultaten sensoren onderling

Dit is een samenvatting van een uitgebreidere beschrijving wordt door Bosveld momenteel voorbereid en zal verschijnen als Technisch Rapport (Bosveld, 2000).

4.2.1 Windsnelheid

Uithouders en mast veroorzaken obstructiestromingen die de waarnemingen van windsnelheid en windrichting beïnvloeden. Wessels (1983) beschrijft aan de hand van een stromingsmodel een correctie procedure. Door onderlinge vergelijking van de wind gegevens kan een indruk verkregen worden of de geobserveerde afwijkingen overeenkomen met de berekende obstructie.

De verhouding tussen waargenomen windsnelheid op de noord en op de zuidwest uithouder is vergeleken met de berekende waarde op basis van de obstructie formules van Wessels (1983). Figuur 5 toont de windsnelheidsverhouding als functie van de windrichting voor de maand augustus 1998 voor alle windrichtingen. Rond 70° en 180° herkent men direct de invloed van het zog van de mast op respectievelijk de zuidwest en de noord cupanemometer. De reductie van de windsnelheid is dus maximaal 50%. Ook weergegeven is de gemodelleerde verhouding. We moeten ons realiseren dat de berekende obstructie slechts geldig is over een hoek van 120° t.o.v. de lijn instrument-mast. In ons geval is dus alleen de sector tussen 250° en 370° geschikt voor vergelijking. Dit is de sector waar de goede windrichtingen voor beide sensoren overlappen.

De meeste data punten liggen binnen 1% van de modellijn. Dit suggereert dat de obstructie formule goed is en dat de absolute ijking van de twee cup anemometers niet meer dan 1% van elkaar verschillen. Rond de windrichtingen 285° en 335° zien we een grotere spreiding van de meetpunten. Bij een windrichting van 285° staat de noord cupanemometer in het zog van de noord vaan. Bij 335° staat de zuidwest cup anemometer in het zog van de zuidwest vaan. Bij

voorwaartse aanstroming van de zuidwest-uthouder (250°) en van de noord-uthouder (10°) treden ook verschillen op. Vooralsnog is onduidelijk waar deze uit voortkomen.

Figuur 6 is een uitsnede van figuur 5 maar nu met metingen nadat de windvaan verplaatst is (zie figuur 2). We zien met name dat de storing bij 285° , welke samenhangt met de storing van de vaan op de cup anemometer, is verdwenen.

4.2.2 Windrichting

In figuur 7 staan waargenomen windrichtingverschillen tussen noord en zuidwest uthouder weergegeven als functie van de windrichting. De figuur vertoont een grote spreiding van de meetpunten rond dezelfde windrichtingen als gevonden bij de windsnelheidsvergelijking. Blijkbaar stoort de cupanemometer de windvaan bij parallelle aanstroom, ook al staat de vaan bovenwinds. Geen storing wordt gevonden als de vaan in het zog van de cupanemometer staat. Het vaanblad is dan ook verder verwijderd van de cupanemometer. De storing bij windrichtingen parallel aan de uthouders is hier logischer omdat het vaanblad zich dan dicht op de uthouderkop bevindt. In het gebied tussen 270° en 350° zijn de afwijkingen ten opzichte van de Wessels curve opvallend. Dit lijkt samen te hangen met wind obstructie door de uthouder kop. Voor deze windrichtingen worden of de sensoren op N of op ZW uthouder van over de uthouderkop angeblazen.

Figuur 8 is een uitsnede van figuur 7 maar nu met metingen nadat de windvaan verplaatst is (zie figuur 2). We zien een veel betere overeenstemming tussen obstructie model en waarnemingen. Bovendien zijn de storingen rond 285° samenhangend met de invloed van de cupanemometer op de vaan verdwenen.

4.2.3 Temperatuur

Figuur 9 toont de temperatuurverschillen tussen de hutjes op de noord en op de zuidoost uthouder voor de maand augustus 1998. Er is een systematische bias van 0.05 K. Over het algemeen zijn de verschillen tussen de twee sensoren 0.1 K of kleiner. Gesloten rondjes geven aan wanneer een van de sensoren in het zog van de mast zit. Open rondjes zijn geplot als er neerslag gedetecteerd is. Het is duidelijk dat vrijwel alle significante afwijkingen optreden onder een van deze twee condities.

4.2.4 Relatieve vochtigheid

Figuur 10 toont de verschillen in relatieve vochtigheid voor de hutjes op de noord en de zuidoost uthouder voor de maand augustus 1998. Waarden met $RH > 90\%$ zijn aangegeven met open rondjes. Voor $RH < 90\%$ zien we dat de relatieve vochtigheid gemiddeld 6% afwijkt. Met variaties tussen 4 en 8% . Alleen gedurende perioden met RH in de buurt van 100% wijken de waarden minder af. Dit komt doordat de meetssystemen waarden boven de 100% afronden tot 100% .

5 Conclusies

5.1 Technische Evaluatie

De temperatuursensoren en de anemometers blijken technisch zonder problemen in de mast te kunnen functioneren.

De Vaisala HMP-233 vochtsensoren hebben niet vlekkeloos gefunctioneerd. Eén van de sensoren is buiten de specificaties geraakt binnen de ijktermijn. Ook om redenen van stabiliteit voldoet deze sensor niet aan de eisen die voor het onderzoek aan de

nauwkeurigheid van de vochtmetingen worden gesteld. Om deze reden is besloten om de Vaisala HMP-243 in Cabauw te gaan gebruiken.

Er is twee keer een windvaan defect geraakt gedurende het experiment. Waarschijnlijk is blikseminslag de oorzaak. Onderzoek aan de windvaan wijst uit dat de elektronische schakeling defect kan raken bij inductiespanningen zoals die optreden bij atmosferische ontladingen.

5.2 Meet nauwkeurigheid

- De KNMI cupanemometer is geschikt. Wel zal overspeeding (hier verder niet behandeld) op de laagste meetniveaus een rol spelen (enkele procenten). Hiervoor kunnen redelijke correcties berekend worden op grond van de standaard deviatie van de wind.
- De KNMI vaan is geschikt.
- De KNMI temperatuursensor lijkt geschikt. Door het toepassen van Pt500 elementen met een hogere DIN norm kan de reproduceerbaarheid van de metingen onder ideale omstandigheden verbeterd worden. Absolute fouten bij lage windsnelheid en hoge instraling zijn niet bepaald. Bij regen treden afwijkingen tot 0.4 K op. Deze punten worden nader onderzocht.
- De Vaisala HMP233 relatieve vochtigheidsensoren zijn ongeschikt voor de profielmetingen. De HMP243 in combinatie met de bijbehorende behuizing van Vaisala lijken marginaal geschikt. Door Kuik (1997) wordt nog een nader onderzoek naar het gedrag van deze sensor uitgevoerd.

5.3 Mastinvloeden

- Belangrijke storings-problemen zijn opgelost door een andere opstelling van de wind vaan te kiezen. De consequentie van deze opstelling is dat nu de meetwaarde van de vaan op de zuidoost uithouder ook geselecteerd kan worden en dus dat deze vaan niet alleen dienst doet als uithouder selectie vaan zoals in het oude meetprogramma.
- Windsnelheidstorings worden goed beschreven door het obstructie model van Wessels (Wessels, 1983).
- Windrichtingstorings worden goed beschreven door het model van Wessels (Wessels, 1983). Omdat de zuidoost-vaan nu ook als meet-vaan dienstdoet moet nader gekeken worden naar de uithouderstoring voor een vaan die centraal op de uithouderkop is geplaatst.
- Temperatuurstorings door de mast zijn wat groter dan op theoretische gronden verwacht mag worden. Onder extreme omstandigheden zelfs 0.3 a 0.4 K.

5.4 Consequenties van het gebruik van standaardinstrumenten en standaard registratie

- Windsnelheid: de standaard ijkprocedure voor het ijken van cupanemometers gaat uit van een lineaire ijkcurve. Mogelijk dat het toepassen van een niet lineaire ijkcurve nog een verhoging van de nauwkeurigheid kan opleveren maar de standaardprocedure voorziet hier niet in.

- Windvaan: geen opmerkingen
- Temperatuur: registratie vindt plaats in 0.1 K. Voor controle doeleinde zou een resolutie van 0.01 K handig zijn.
- Relatieve vochtigheid: registratie vindt plaats in gehele procenten. Voor controle doeleinde zou een registratie in 0.1% handig zijn. Om dezelfde rede zou het verwijderen van de limiet van 100% in de SIAM handig zijn.
- Voor speciale experimenten kan de 12" sampling tijd van de SIAM een beperking zijn. Ook het feit dat de SIAMS niet gesynchroniseerd zijn kan een beperking zijn.

6 Referenties

Monna W.A.A. (1996). Voorstudie Cabauw Faciliteiten vanaf 1997, febr 1996, memorandum AO-96-01

De Jongh, J.P. (1996), Herinrichting Meetmast Cabauw m.b.v. Standaard Apparatuur, september 1996.

Bosveld F. C. (2000). Evaluation of test measurements for the new instrumentation of the 200-m mast at Cabauw. te verschijnen als KNMI Technical Report, De Bilt, The Netherlands.

Kuik F. (1997). Vergelijking van de Vaisala's HMP233 en HMP243 relatieve luchtvochtigheidsmeters. Februari-september 1997. KNMI Technical Report TR-201, de Bilt, The Netherlands.

Wessels H. R. A. (1983). Distortion of the wind field by the Cabauw meteorological tower. KNMI Scientific Report 83-15, De Bilt, The Netherlands.

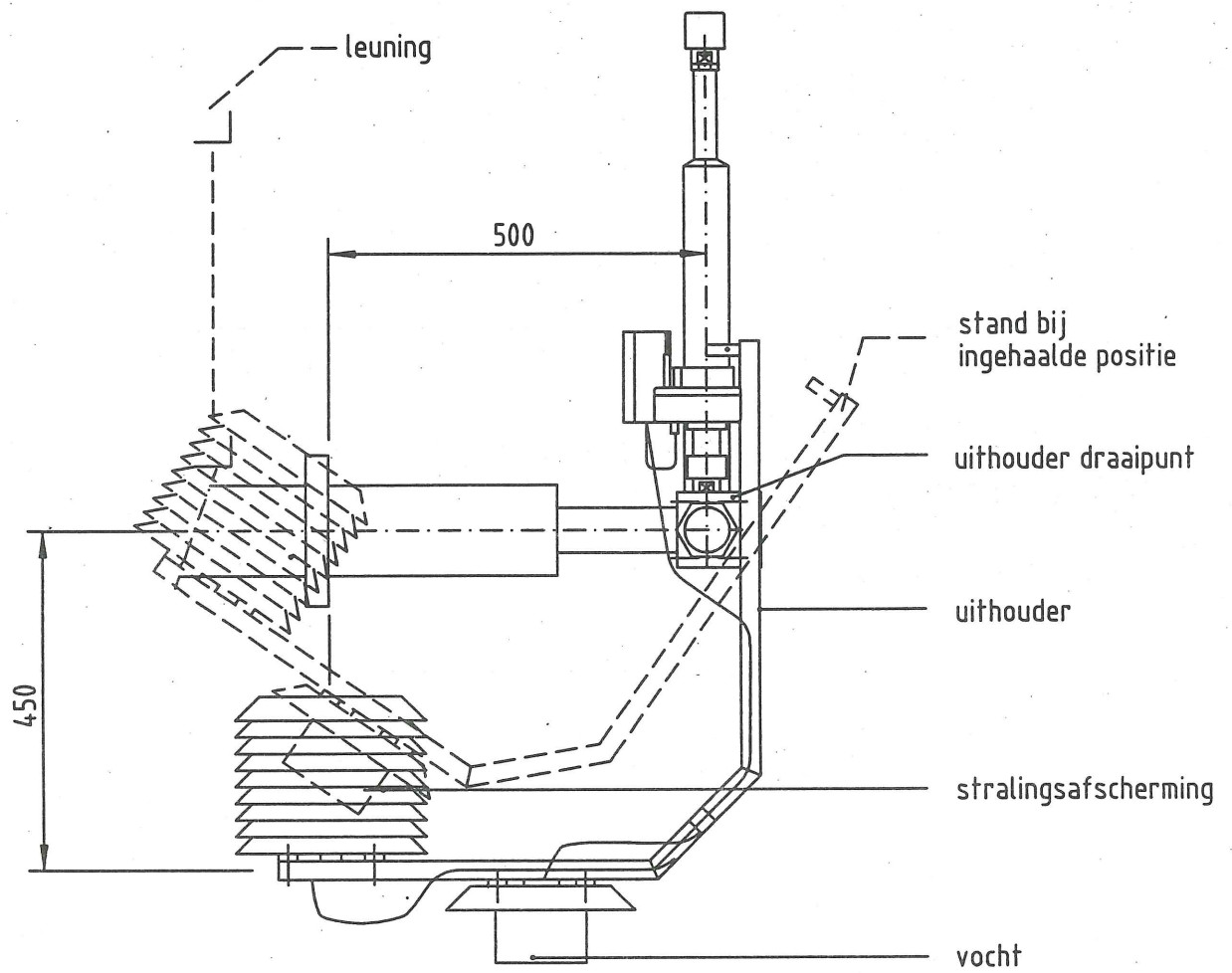


Fig. 1. De temperatuur/vocht opstelling zoals die gedurende het Baltex experiment zal worden gebruikt

80 meter nivo Cabauw

oorspronkelijke proef-opstelling

definitieve opstelling

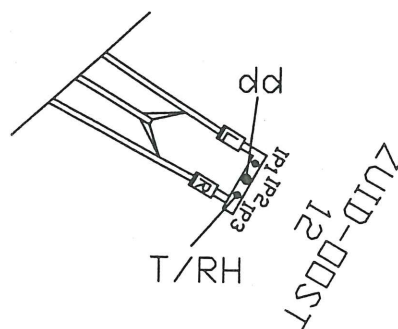
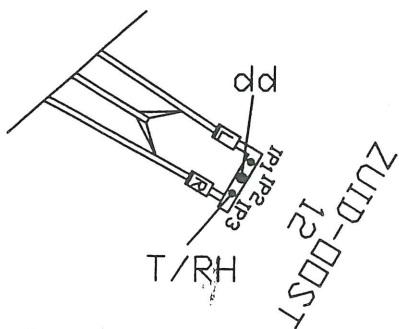
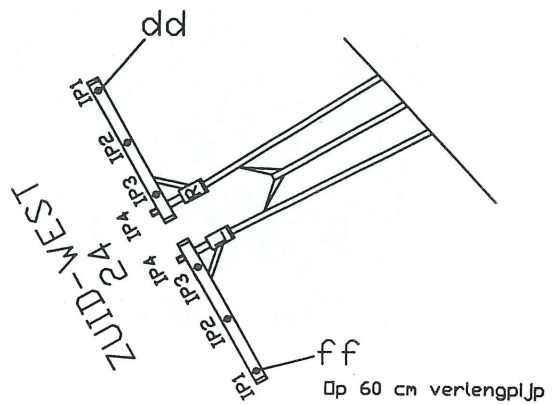
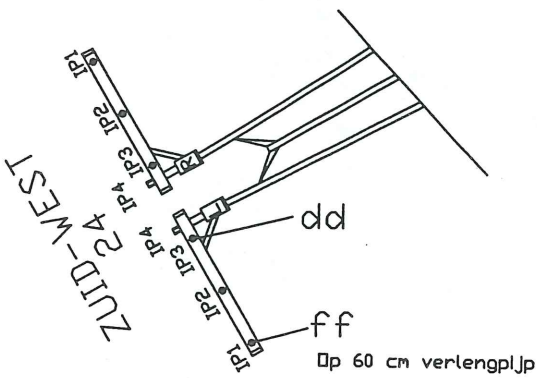
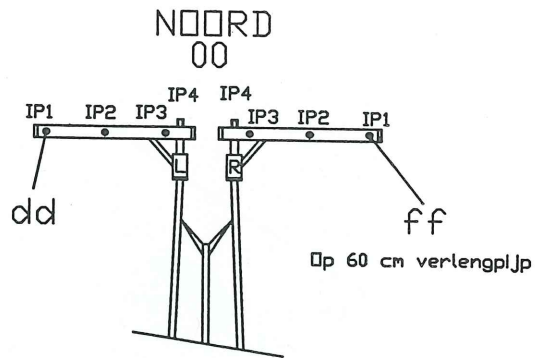
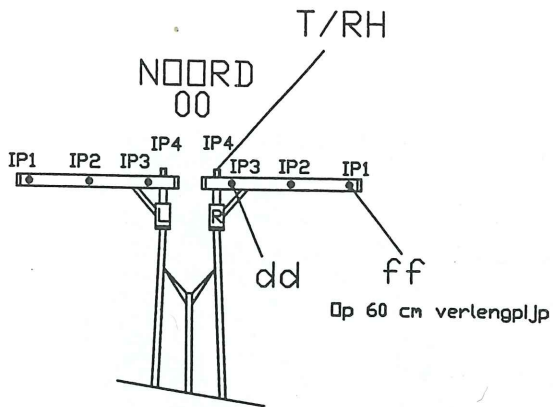


Fig. 2 Overzicht van de pluggen op de uithouders. De figuren links hebben betrekking op de opstelling waarmee de experimenten zijn gestart; de figuren rechts tonen de gebruikte pluggen in de verbeterde opstelling.



Fig. 3 ZO-uthouder met windvaan. Onder de windvaan bevindt zich het nauwelijks zichtbare thermometerhutje

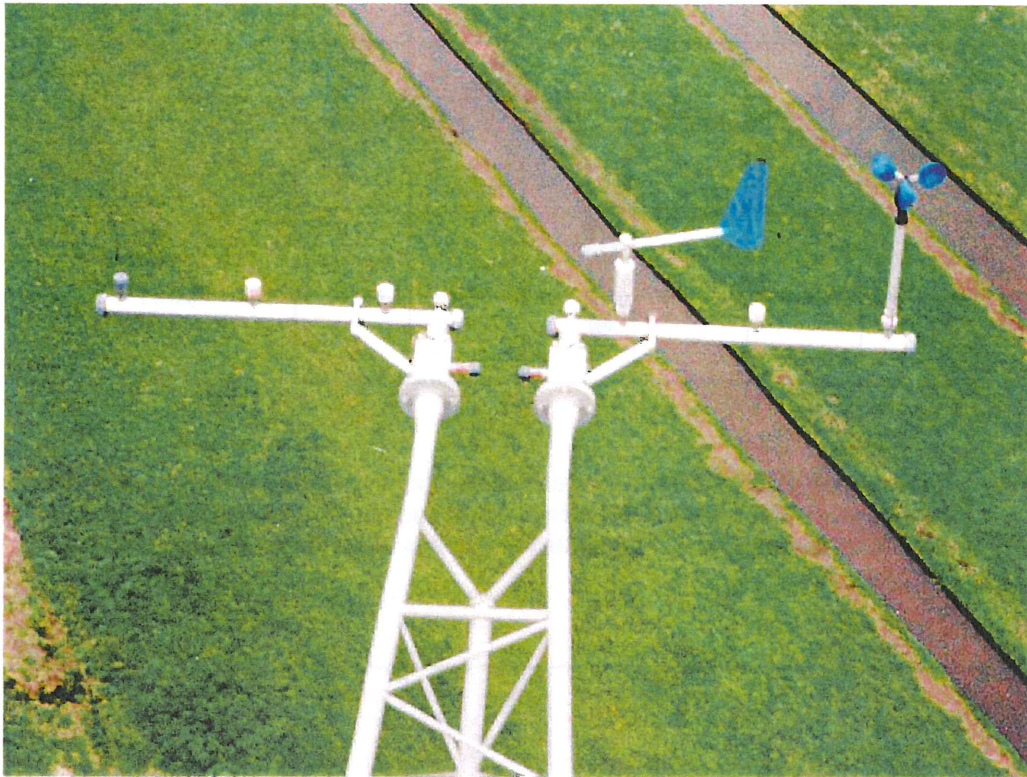
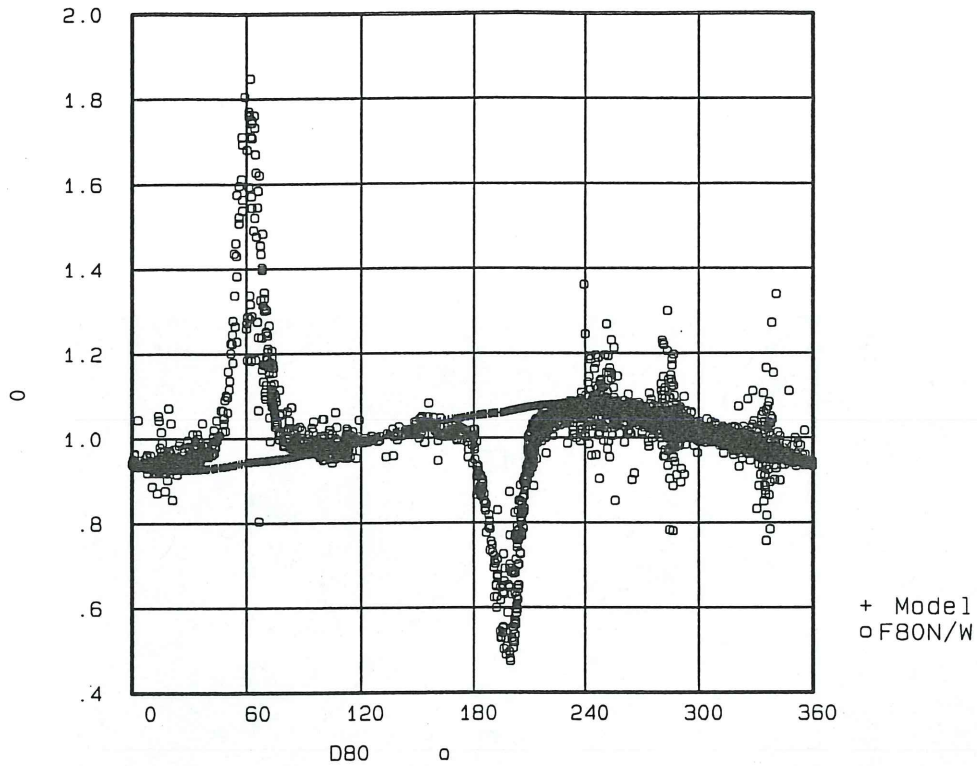
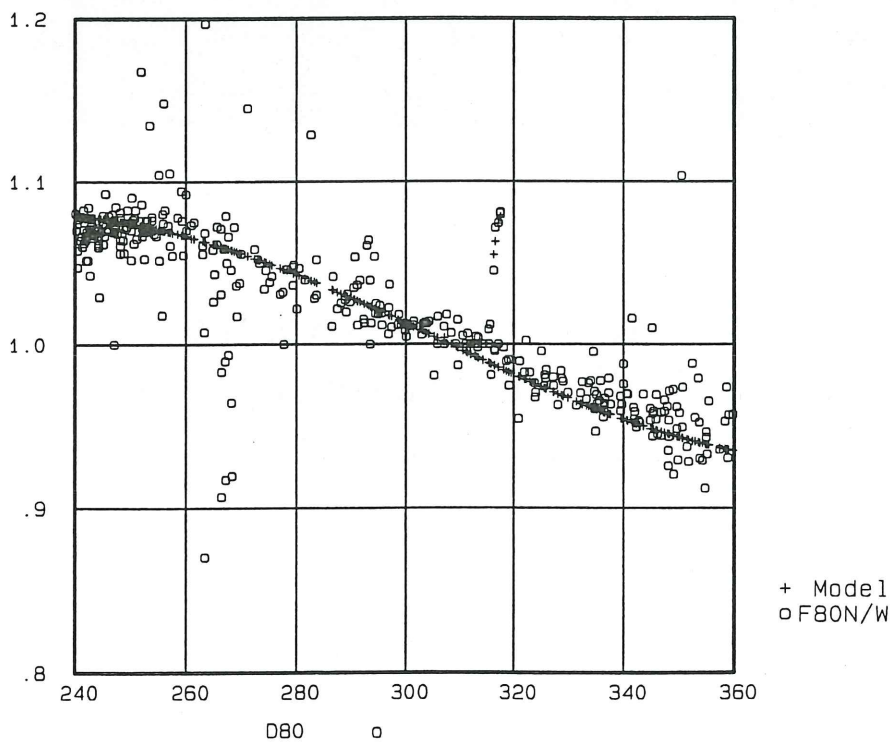


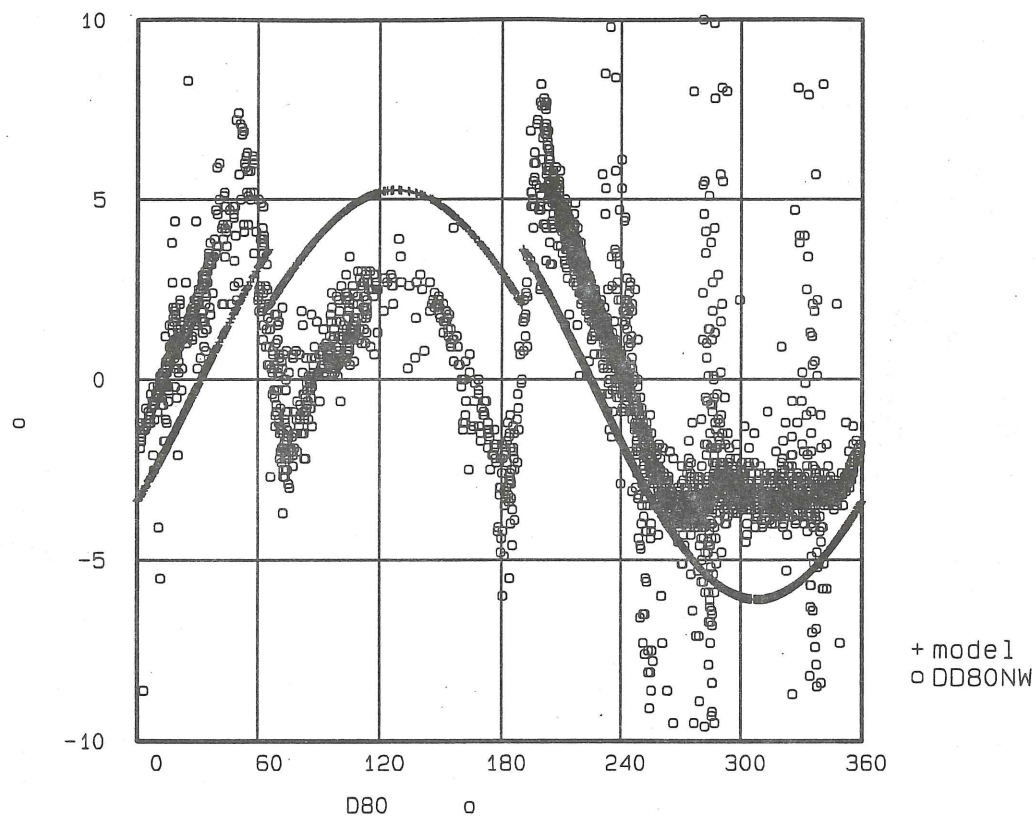
Fig. 4 Noorduithouder met windvaan en anemometer zoals die bij de aanvang van het experiment stonden opgesteld.



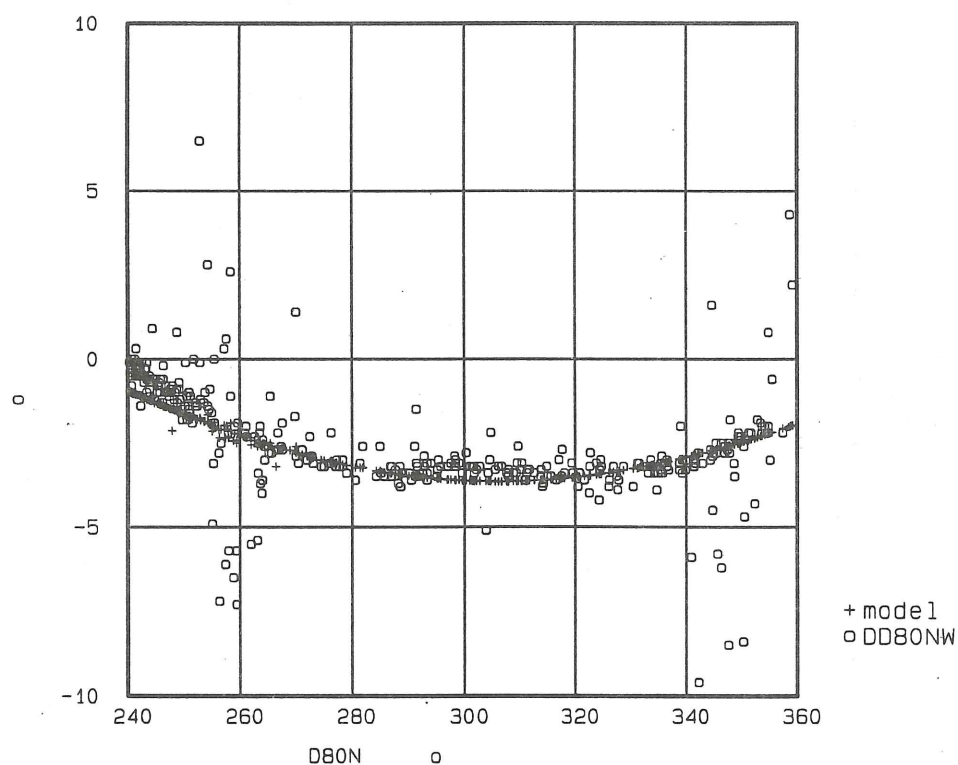
Figuur 5 Verhouding (F80N/F80W) tussen de windsnelheid op de noord en de zuidwest uithouder als functie van windrichting (D80) met de windvanen in de oorspronkelijke positie. (o) afgeleid van de waarnemingen, (+) theoretische waarden afgeleid van Wessels (1983).



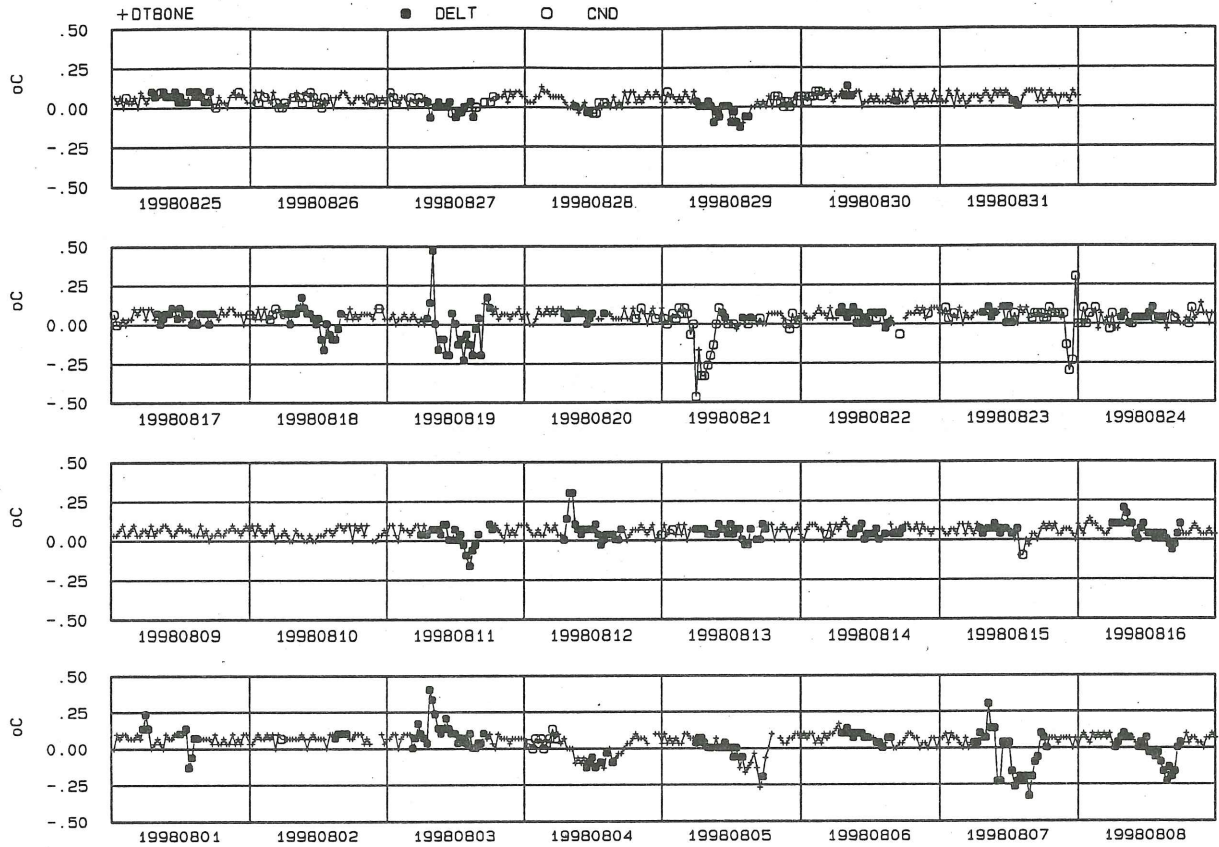
Figuur 6 Verhouding (F80N/F80W) tussen de windsnelheid op de noord en de zuidwest uithouder als functie van windrichting (D80) met de windvanen in de nieuwe positie. (o) afgeleid van de waarnemingen, (+) theoretische waarden afgeleid van Wessels (1983).



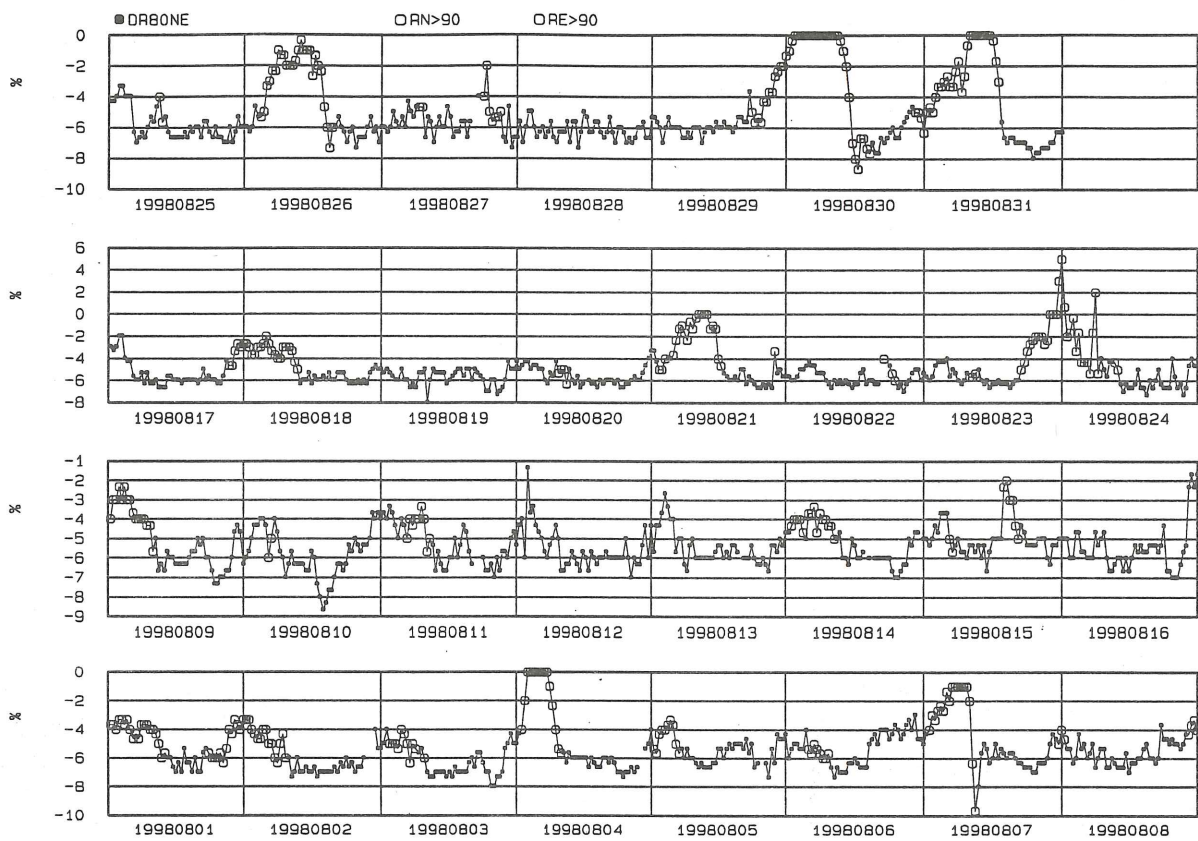
Figuur 7. Verschil (D80N-D80W) tussen de windrichting op de noord en de zuidwest uithouder als functie van windrichting (D80) met de windvanen in de oorspronkelijke positie. (o) afgeleid van de waarnemingen, (+) theoretische waarden afgeleid van Wessels (1983).



Figuur 8. Verschil (D80N-D80W) tussen de windrichting op de noord en de zuidwest uithouder als functie van windrichting (D80) met de windvanen in de nieuwe positie. (o) afgeleid van de waarnemingen, (+) theoretische waarden afgeleid van Wessels (1983).



Figuur 9 Waargenomen temperatuur verschillen (DT80NE) tussen noord en zuidoost uithouder (noord minus zuidoost) voor augustus 1998. (o) data met regen; (•) data met een van de sensoren in het zog van de mast; (+) overige metingen.



Figuur 10 Waargenomen relatieve vochtigheidsverschillen DR80NE tussen noord en zuidoost uithouder (noord minus zuidoost) voor augustus 1998. (○) RH > 90% voor minstens een van de sensoren; (●) overige metingen.



Memo

Onderwerp
Calibratie uitrichten windvaanpluggen

Datum
13 januari 2000
Van
Jan Bijma
Afdeling
INSA
Telefoonnummer
+31-30-2206435
Nummer
JB0001/131
Bijlage(n)

Inleiding

Vaanpluggen worden tot nu toe in het veld uitgericht met behulp van een gefixeerde vaan en een theodoliet. Met behulp van bekende posities aan de horizon wordt de noordrichting gecalibreerd. De vanen zelf worden gecalibreerd met behulp van een richtapparaat dat bij INSA/IPS in gebruik is. Daarmee wordt gecontroleerd of de codeschijf in de vaan de noordpositie aanwijst als het vaanblad in een vaste stand staat ten opzichte van de plug. De vaste stand correspondeert met de noordrichting. De huidige methode voor de calibratie van de vaanplug in het veld is niet bruikbaar voor Cabauw, omdat de afstand tot de grond te groot is voor metingen met de theodoliet. Daarom is gezocht naar een methode die ook in Cabauw bruikbaar is. Daarvoor is een richtapparaat ontwikkeld met behulp van een camera. Het meetprincipe wordt hieronder uit de doeken gedaan.

Meetfouten

De huidige windmeting heeft een aantal onnauwkeurigheden in zich. Ik heb ze hieronder opgesomd, met daarbij een schatting van de gehaalde nauwkeurigheid.

- Afwijking van de stand van de vaan t.o.v. de heersende windrichting (onbekend).
- Afwijkingen in de codeschijf. De lineariteit is heel goed, en wordt ook gecontroleerd. De resolutie is $360/256^\circ$, de reproduceerbaarheid is ongeveer $0,3^\circ$.
- Afwijking in de stand van de plug ($0,5^\circ$).
- Speling op de plug ($0,2^\circ$).
- Fouten in de controlehulpmiddelen (onbekend).

Draaischijf

De nieuwe uitricht-methode maakt gebruik van een camera die op een draaischijf is gemonteerd (zie fig 1). De draaischijf bestaat uit drie ringen, die onafhankelijk van elkaar, maar reproduceerbaar kunnen draaien.

1. De bovenste ring is draaibaar t.o.v. ring (2), en bevat de camera. De draaiing is over 360° afleesbaar.



2. De middelste ring zit vast aan de plug. Ring (2) is draaibaar ten opzichte van (3), zodat over een herleidbare hoek de plug kan worden gedraaid t.o.v. de mast.
3. De onderste ring wordt vastgemaakt aan de mast.

De methode komt in het kort hierop neer. De camera wordt t.o.v. schijf (2), dus ten opzichte van de plug, verdraaid over een bekende hoek, waarvan bekend is dat in die richting een referentieobject aan de horizon staat (kerktoren, watertoren, schoorsteen, hoogspanningsmast o.i.d.). Als de plug goed is gericht kijkt de camera naar dat object, het moet in het midden van het beeld staan. In het beeld is te zien hoe groot de afwijking is t.o.v. het midden.

Ring (2), dus de plug, wordt nu t.o.v. ring (3), dus de mast, gedraaid over dezelfde hoek. Het object moet daarna in het midden staan. De plug kan vervolgens worden gefixeerd.

Camera

De toegepaste camera is een industriële miniatuurcamera met CCD opnemer. Het is een hoogwaardige camera met een uitstekend objectief met een openingshoek van ongeveer 14° . De camera wordt gevoed met 12 Volt DC, waarvoor een omzetter is opgenomen in de draaischijf. De camera kan zo worden gevoed uit de aanvoeding. Het videosignaal wordt d.m.v. een lange coaxkabel (lang genoeg voor alle masten en uithouders) verbonden met een framegrabber in een laptop PC.



Figuur 1. Richtcamera op draaischijf

Precondities

De methode werkt als aan de volgende voorwaarde is voldaan. Als ring (1), de camera, op 0° staat t.o.v. ring (2), de plug, dan valt het midden van het beeld samen met de richting van de nok in de plug.

Calibraties

1. De camera wordt op ring (1) bevestigd in een vaste positie. Die is niet instelbaar.
2. De tussenring (2) zit vast aan de plug. Ook deze bevestiging is vast en niet instelbaar.
3. Als de camera naar het noorden wijst (de beoogde richting van de nok in de plug), dan moet het noorden in het midden van het beeld zitten. In het beeld is daarvoor een referentielijn getrokken.
4. In het ijklab (bij de windtunnel) komt een ijkopstelling voor de draaischijf. In het lab wordt een plug gemonteerd in een vaste opstelling. De plug is niet draaibaar. De plug wordt zo opgesteld dat de nok wijst in de richting van een ijklijn op de wand. Dat wordt gecontroleerd met behulp van een vizier.
5. Als de camera met draaischijf op de ijkvoet wordt gezet, moet de camera kijken naar de ijklijn. Dat wordt gecontroleerd met een laser. Het camerabeeld is in software instelbaar in offset en gain. Dat wil zeggen dat de referentielijn in de x-richting is te verschuiven. Ook de afstand tussen de rasterlijnen is instelbaar, en wordt ingesteld op precies 1° .
6. Op de wand worden naast de ijklijn twee lijnen getekend op zodanige afstand dat dat overeenkomt met een openingshoek van een graad. De rasterlijnen moeten in het beeld dan samenvallen met deze lijnen. De graad-lijnen zijn zowel met de draaischijf zelf als met een cosinus-berekening worden bepaald.
7. De instelling van x-verschuiving en afstand tussen de rasterlijnen gebeurt met afzonderlijke software, niet vanuit het programma zelf, zodat het in het veld niet veranderd kan worden. Dat kan alleen in het ijklab.

Stellingen

1. De absolute calibratie van de noordrichting van de draaischijf is niet relevant zolang de uitrichting van de codeschijven t.o.v. de nok met dezelfde referentie plaatsvindt.
2. De absolute calibratie van de rasterlijnen is niet relevant. Een goede calibratie is echter wel handig om de plug in één keer goed te zetten.
3. De toleranties in de vanen, de masten en de ijkhulpmiddelen laten geen hogere nauwkeurigheidseisen toe dan 1° à 2° .

Controle-ijkingen

Zowel bij de ijking als bij de productie van de vanen en masten wordt veel moeite gedaan om de absolute calibratie zo goed mogelijk te maken. Tot nu toe is er van uit gegaan dat die absolute ijking goed genoeg is om te zorgen dat er een éénduidige, nauwkeurige relatie is tussen windrichting en vaan-output. Over die nauwkeurigheid bestaat echter wel wat onzekerheid. Over de relatie tussen windrichting en vaanstand is weinig bekend. We nemen aan dat dat wel in orde is, maar de spreiding tussen verschillende vanen in dat opzicht is in feite niet bekend.

Ook de relatie tussen de nokrichting in het vaancontroleapparaat en de bladfixering op de noordrichting is niet éénduidig bekend. Het apparaat is nauwkeurig gemaakt, dus het zal wel goed zitten, maar bewijzen ervoor zijn er niet.

De nieuwe richtmethode laat toe, dat althans de laatste onzekerheid wordt weggenomen. De draaischijf kan namelijk ook op het controleapparaat worden gezet¹. Als de camera op 180° wordt gezet, kijkt de camera in de richting van de vaanblad-fixatie. Als we daar een dummy-vaanblad in klemmen, moet die dummy in het midden van het beeld staan.

Het camerabeeld is te onnauwkeurig op die afstand om goed waar te nemen, maar we kunnen wel de laser op de camera bevestigen om de richting te controleren. De laser moet bij een juiste uitlijning het dummyblad als het ware door midden snijden. De laserafbeelding moet evenveel links als rechts van het blad staan. Om dat nauwkeurig te doen moet er wel een dummy-blad worden gemaakt dat stevig genoeg is om al te grote afwijkingen te voorkomen.

Het gebruik van de laser voor de controle is gerechtvaardigd omdat bij de calibratie van het camerabeeld ook de laser als referentie geldt.

Stabiliteit

In het lab en de werkplaats kunnen we zo mooi aantonen dat het apparaat nauwkeurig werkt. Maar hoe zeker zijn we dat dat ook zo blijft? Hoe reproduceerbaar zijn de metingen?

1. De camera is voorzien van een hoogwaardig objectief. Het objectief mag niet verdraaid worden, omdat de calibratie dan verloopt. Het verdient aanbeveling om de brandpuntsafstand vast op oneindig te zetten. Op zijn minst moet dat in de voorschriften duidelijk voorgeschreven worden. In het veld ligt het wel voor de hand om de brandpuntsafstand in te stellen voor scherpte op oneindig, maar in het lab is dat minder vanzelfsprekend. De ijklijnen staan ten slotte op maar een tiental meters ver op de muur. Niettemin: camera op oneindig houden! Het diafragma mag wel verdraaid worden, dat heeft geen invloed op de positionering van het beeld.
2. De gebruikte camera is een industriële camera met een CCD-opnemer. Dat betekent dat er een éénduidige relatie is tussen de opgenomen pixels op het CCD oppervlak en de weergegeven pixels in het beeld. Ook temperatueffecten zijn er nauwelijks.
3. In de draaischijf zijn geen instelbare elementen aangebracht. Alles is met nauwkeurige toleranties vast gemonteerd. Er is dus geen kans dat de positionering van onderdelen verloopt.
4. Datzelfde geldt voor het vaan-controleapparaat. Alleen de bladfixering is enigermate instelbaar, maar die instelling is gefixeerd en verloopt niet.
5. De bevestiging van de laser op de camera is weliswaar niet vast, maar wel zodanig vormgegeven dat de reproduceerbaarheid beter is dan $0,1^\circ$. Het valt niet mee om de laser er onder een andere hoek op te leggen.
6. De laser zelf is niet stabiel, maar kan voor elke ijking worden ingesteld. Dat gebeurt door de laser op de camera te leggen en rond te draaien. Als de richting niet exact is, beschrijft de laserpunt een cirkel. De laserkop kan worden ingesteld totdat de diameter van de cirkel 0° is.

Richtprocedure

De richtprocedure voor een mastkop, om het even of dat een standaardmast is of een Cabauw-
uithouder, is als volgt.

1. Het apparaat wordt op de plug gezet (ring (2) dus in feite).

¹ Helaas kan de schijf niet rechtstreeks op de plug worden gezet, die zit te laag. Er is dus een verleng-pijpje nodig dat dan wel weer gecalibreerd moet worden. Dat kan probleemloos op de ijkvoet in het ijklab.

2. Ring (3) wordt vastgeklemd aan de mast, om straks over een geijkte hoek te kunnen verdraaien.
3. Van tevoren wordt de hoek naar een referentieobject (kerktoren) bepaald door positiemetingen op een kaart.
4. De camera (ring 1) wordt over die hoek verdraaid t.o.v. ring 2.
5. In het beeld moet het referentieobject zichtbaar zijn. De afwijking van het object t.o.v. de referentielijn wordt gemeten. De rasterlijnen in het beeld laten een aflezing toe met een nauwkeurigheid van ongeveer $0,2^\circ$.
6. De mastplug wordt losgezet, en verdraaid over de in (5) gemeten hoek. Dat kan door ring 2 t.o.v. ring 3 te draaien.
7. De mastplug wordt gefixeerd.
8. De meting wordt opnieuw gedaan ter controle.

Vastlegging

Ik had graag gezien dat het resultaat van de procedure (het referentie-object samenvallend met de referentielijn) vastgelegd zou kunnen worden. Dat kan ook, maar niet vanuit de software. Het beeld kan wel vastgelegd worden, maar zonder de rasterlijnen. Daar heb je niet zoveel aan. Het beeld is wel vast te leggen door het met Alt-PrtScr op het klembord te plaatsen, en vervolgens vanuit Word, MsPaint of een ander tekenprogramma in te lezen (met Paste of Ctrl-V) en van daaruit op te slaan.

