



Koninklijk Nederlands
Meteorologisch Instituut
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

PLUIMRADAR

Een snelle indruk van de verspreiding van stoffen door de lucht

Gertie Geertsema, Frank Kroonenberg, Gea Stam, Pepijn Morgenstern, Marco Nolet en
Jasper Tomas

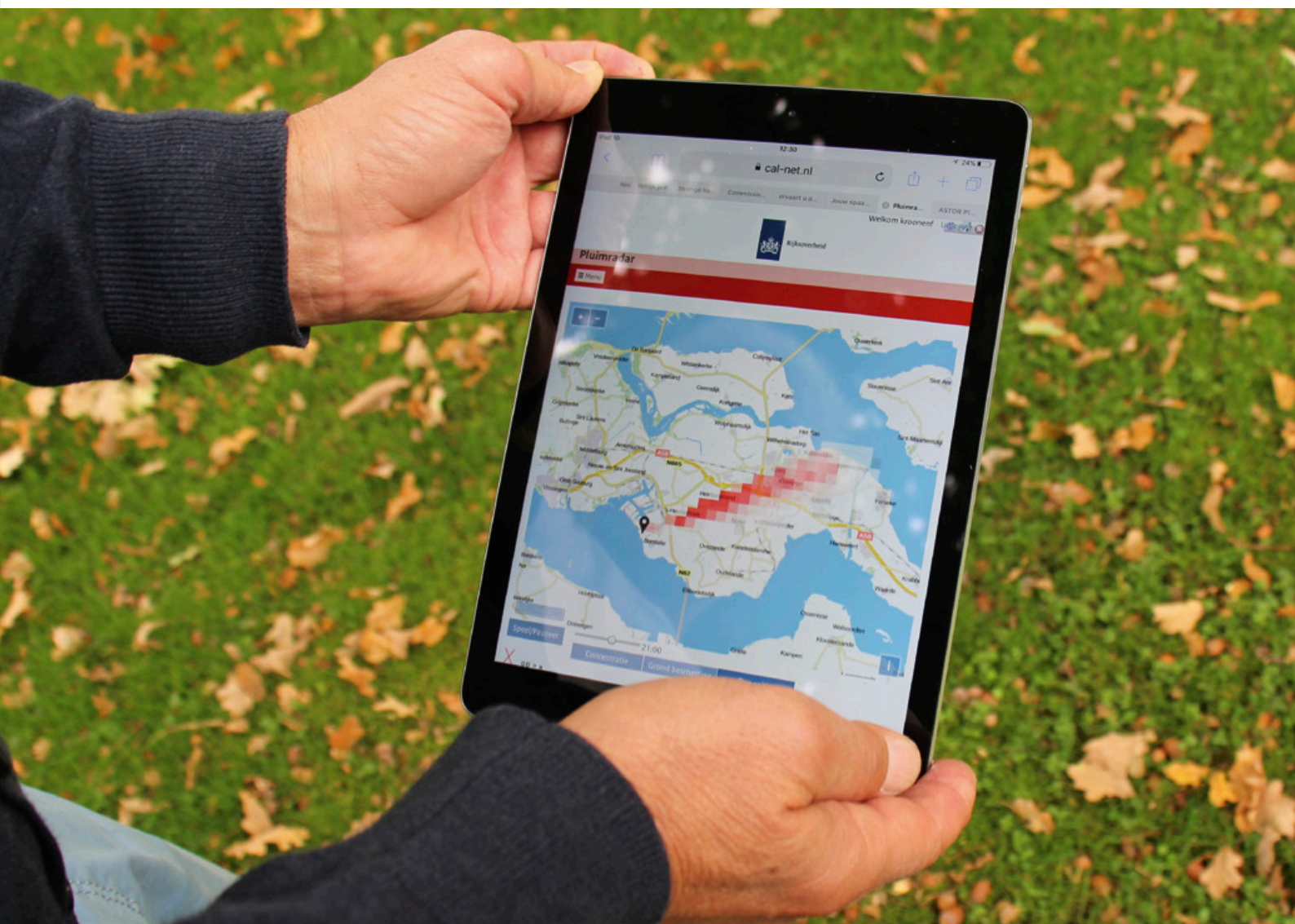
De Bilt, 2018 | KNMI-Publicatie 234





Pluimradar

Snelle indruk verspreiding van stoffen door de lucht





PLUIMRADAR

*EEN SNELLE INDRUK VAN DE VERSPREIDING
VAN STOFFEN DOOR DE LUCHT*

Gertie Geertsema¹, Frank Kroonenberg¹, Gea Stam²,
Pepijn Morgenstern², Marco Nolet¹, Jasper Tomas²

¹ KNMI

² RIVM

Samenvatting

Luchtverspreidingsmodellen kunnen tijdens ongevallen met gevaarlijke stoffen, zoals een brand of het vrijkomen van een giftige stof, informatie geven over de afstanden tot waar effecten zijn te verwachten.

Het KNMI en het RIVM hebben in een gezamenlijk project en in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat pluimradar ontwikkeld. De applicatie stelt gebruikers in staat om zelfstandig eenvoudige verspreidingsberekeningen te doen.

Dit rapport bevat algemene informatie over hoe Pluimradar in de praktijk gebruikt kan worden en wanneer specialistische hulp op het RIVM en/of het KNMI aangevraagd kan worden of actief door één van deze twee instituten aangeboden wordt.

Daarnaast bevat het rapport de resultaten van de acceptatietesten die uitgevoerd zijn. Hiervoor is een validatieonderzoek uitgevoerd, waarvan de resultaten in dit rapport beschreven worden. De beschrijving van de testresultaten geeft informatie over de combinatie van de meteorologische invoer en de verspreidingsmodule en kan handvatten bieden om de uitvoer van Pluimradar in de warme fase van een ongevalssituatie te duiden.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	5
2	Pluimradar in de praktijk	6
2.1	Werking van Pluimradar	6
2.2	Toegang tot Pluimradar	6
2.3	Ondersteuning Pluimradar	6
2.4	Incidenten versus training en oefeningen	7
2.5	Pluimen 'delen met derden'	7
2.6	Bewaartermijn pluimen	7
2.7	Vraag en antwoord	7
3	Verificatie door acceptatietesten met synthetische weersituaties	8
3.1	Meteorologische databestanden	8
3.2	Eenvoudige bestandstest	9
3.3	Uniform windveld	9
3.4	Neerslag in een klein gebied	9
3.5	Westenwind	10
3.6	Verschillende windsnelheden	11
3.7	Lozingsduur en berekenduur	12
3.8	Droge depositie	14
3.9	Natte depositie	15
3.10	Menghoogte	16
3.11	Dagelijkse gang	18
4	Verificatie door acceptatietesten met werkelijke weersituaties	20
4.1	Weersituatie case 1: 4 oktober 2017	20
4.2	Analyse case 1	21
4.3	Aandachtspunten case 1	22
4.4	Weersituatie case 2: 5 oktober 2017	23
4.5	Analyse case 2	23
4.6	Aandachtspunt case 2	26
4.7	Opgedane ervaringen	27
5	Conclusies en aanbevelingen	28
5.1	Conclusies	28
5.2	Aanbevelingen	28
6	Referenties	29
7	Bijlage – parameters Pluimradar 0.9	31
8	Bijlage - HIRLAM	32
9	Bijlage – Beschrijving NPK-PUFF	34

1 Inleiding

Bij incidenten met gevaarlijke stoffen, zoals een brand of het vrijkomen van een giftige stof, hebben hulpdiensten behoefte aan (snelle) informatie over de verspreiding van deze stoffen in de omgeving. Een snelle eerste inschatting van de richting van de verspreiding is nodig voor bijvoorbeeld het bepalen van geschikte aanrijroutes voor hulpverleners, voor afstemming over de meetstrategie, voor de keuze van maatregelen voor de bescherming van de bevolking en voor informatievoorziening aan burgers. Luchtverspreidingsmodellen geven, afhankelijk van het type model, informatie over de richting van de verspreiding en de afstanden tot waar effecten zijn te verwachten. De modellen die een snel resultaat leveren werken vaak met statische weergegevens, wat onnauwkeurige resultaten kan geven. Meer geavanceerde modellen zijn door de specialistische kennis die vereist is niet op grote schaal inzetbaar. Een snel en accuraat inzicht in het verspreidingsbeeld tijdens een incident is dus nog niet mogelijk.

Naar aanleiding van de resultaten uit het project "Nationaal Modellen- en Data Centrum" (Kooi et al., 2012), zijn in 2012 de eerste stappen gezet naar de ontwikkeling van Pluimradar: een applicatie die, naar analogie van de buienradar, snel inzicht geeft in de verspreiding in de atmosfeer van (milieu)schadelijke stoffen bij incidenten.

Het doel van dit rapport is om de verificatie en acceptatietesten van Pluimradar 0.9 te presenteren aan de gebruikers van de applicatie. Tevens worden voorbeeldberekeningen gegeven in de vorm van diverse casussen en informatie over hoe Pluimradar in de praktijk werkt.

In dit rapport vindt u in hoofdstuk 2 eerst informatie over hoe Pluimradar in de praktijk werkt. Vervolgens wordt in hoofdstuk 3 en 4 ingegaan op de verificatie van de tool door middel van acceptatietesten en echte cases. Afsluitend worden in hoofdstuk 5 conclusies en aanbevelingen voor de toekomst gegeven.

2 Pluimradar in de praktijk

2.1 Werking van Pluimradar

Pluimradar is een applicatie die gebruikers in staat stelt om tijdens incidenten zelfstandig een eenvoudige berekening te doen met een verspreidingsmodel. De gebruiker gaat hiervoor naar de webpagina van Pluimradar en vult daar een beperkt aantal inputparameters in. Een aantal voor het model benodigde inputparameters staat standaard ingesteld. Vervolgens wordt de invoer gebruikt om op de RIVM-server een berekening te doen met het model NPK-PUFF. De RIVM-server wordt door de KNMI-server gevoed met actuele meteo data. De resultaten worden weergegeven op de website zelf.

2.2 Toegang tot Pluimradar

Pluimradar is bedoeld voor een beperkte gebruikersgroep van professionals, die zich tijdens incidenten met gevaarlijke stoffen bezighoudt met het effectgebied. Dat zijn bijvoorbeeld de Adviseur Gevaarlijke Stoffen (AGS) en Meetplanleider (MPL) van de brandweer en de Milieu Ongevallen Dienst (MOD) van het RIVM. De belangrijkste redenen om de gebruikersgroep beperkt te houden zijn:

- Pluimradar is een simpel te gebruiken applicatie, maar het 'op de juiste manier en op het juiste moment' toepassen van de applicatie vergt een behoorlijke mate van expertise en training.
- Een berekening laten uitvoeren door Pluimradar zorgt al snel voor omvangrijke databestanden. Een te groot aantal gebruikers tegelijkertijd levert een risico op voor de bedrijfszekerheid van de applicatie (in verband met overbelasting).

De daadwerkelijke toegang tot de applicatie gaat voor externe (niet RIVM) gebruikers via het calamiteiten net. Vragen met betrekking tot de toegang kunnen gesteld worden via incident@rivm.nl.

2.3 Ondersteuning Pluimradar

De gebruiker kan Pluimradar gebruiken bij incidenten met gevaarlijke stoffen om een (kwalitatieve) verspreidingsberekening te maken. Pluimradar is vooral geschikt om berekeningen te doen met stoffen die een met lucht vergelijkbare massa hebben. Pluimradar kan gebruikt worden voor bijvoorbeeld incidenten met een geleeke vloeistof of een brand, maar de invoermogelijkheden voor de gebruiker zijn beperkt. De gebruiker kan niets wijzigen in parameters zoals bronsterkte, specifieke stof (met soortelijk gewicht) en warmte inhoud (bij brand). Voor niet-standaard berekeningen en kwantitatieve verspreidingsberekeningen zijn de chemisch modellleurs van de Milieu Ongevallen Dienst (MOD) van het RIVM in te zetten. Het dient daarom de aanbeveling om, na een snelle eenvoudige Pluimradar berekening ook deskundigen van de MOD in te schakelen voor een meer specifieke berekening. Daarom is in de Pluimradar applicatie een pagina opgenomen met de titel 'hulp en contact' waarop de actuele 24/7 telefoonnummers van KNMI en RIVM zijn opgenomen. Via deze nummers kan de gebruiker ondersteuning vragen.

Eén van de belangrijkste componenten van Pluimradar is de onderliggende meteorologische data. Sommige weersomstandigheden geven een onbetrouwbaar resultaat. Daarom wordt bij windstille of hele variabele weerscondities aangeraden om contact op te nemen met het KNMI. De veiligheidsmeteoroloog krijgt een signalerings-email wanneer een pluim wordt gegenereerd. Wanneer de weersomstandigheden niet geschikt zijn voor het genereren van een pluim, wordt er contact met de gebruiker opgenomen.

2.4 Incidenten versus training en oefeningen

De veiligheidsmeteoroloog van het KNMI ontvangt een signalerings-e-mail wanneer een pluim wordt gegenereerd. De procedure is zo ingericht dat het KNMI checkt of de weerscondities geschikt zijn voor het gebruiken van Pluimradar of dat er bijzonderheden zijn die de aandacht behoeven. In de applicatie is het, middels het aanvinken van het vakje 'testpluim', mogelijk om aan te geven dat het om een testpluim gaat, bijvoorbeeld voor opleiding, training of oefening. Wij verzoeken de gebruiker om dit vakje aan te vinken tenzij het een echt incident betreft! Hierdoor worden de veiligheidsmeteorologen van het KNMI niet 'overstelp't met mails in het kader van oefeningen.

2.5 Pluimen 'delen met derden'

Indien u het resultaat van uw pluimberekening wilt delen zijn er twee mogelijkheden:

- U wilt de pluim delen met andere gebruikers van Pluimradar (die dus ook beschikken over gebruikersnaam en wachtwoord) → u kunt de URL (link uit de browser) doormailen en men kan in de Pluimradar applicatie de (dynamische) pluim bekijken
- U wilt de pluim delen met anderen die geen toegang hebben tot Pluimradar → u dient een aantal screenshots te maken van de pluim en deze als plaatje (eventueel in een word document) te verstrekken. Helaas is er geen mogelijkheid om een dynamische pluim te exporteren (bijvoorbeeld als gif).

2.6 Bewaartermijn pluimen

Pluimen worden een beperkte tijd bewaard. In verband met de hoeveelheid ruimte die een gegenereerde pluim op de server in beslag neemt, is ervoor gekozen om de pluimen na enige tijd automatisch te verwijderen. De pluimen blijven 14 dagen zichtbaar voor de gebruiker en worden na 30 dagen verwijderd van de server. Op dit moment is er helaas geen mogelijkheid tot automatisch archiveren. Bij zeer grote incidenten waarbij u bijvoorbeeld een onderzoek vanuit de OVV voorziet, wordt geadviseerd om contact op te nemen met het RIVM met het verzoek tot handmatige archivering.

2.7 Vraag en antwoord

Er is voor gekozen om in de Pluimradar applicatie onder 'vraag en antwoord' de veel gestelde vragen van gebruikers op te nemen. Dit onderdeel zal regelmatig worden bijgewerkt.

3 Verificatie door acceptatietesten met synthetische weersituaties

Pluimradar bestaat uit software waarin geavanceerde meteorologische gegevens uit een andere applicatie in de Pluimradarapplicatie wordt gebruikt om de verspreiding van een wolk met gevaarlijke stoffen voor een door de gebruiker aangegeven locatie te berekenen en weer te geven. In zo'n gecompliceerd proces kan er van alles misgaan in de interfacing van het ene naar het andere proces en in de verspreidingsberekening zelf.

Om dit gehele proces van data en gebruikersopdracht naar uitvoer te toetsen op robuustheid en fysische nauwkeurigheid van de berekeningen is verificatie middels acceptatietesten nodig.

Door testscenario's slim te kiezen en daarmee dus ook voor een tevoren opgelegd verspreidingspatroon te kiezen, kunnen we het werkelijk berekende patroon checken met het te verwachten patroon vanuit de opgelegde scenarioaanname.

Vanuit de verschillende acceptatietesten levert dit vervolgens een aantal leerpunten op die als specifieke kennis door zowel de gebruiker in de Regio, als de modelexperts van het RIVM en de meteorologen bij het KNMI in de praktijk gebruikt kan worden. Bovendien levert de verificatie en acceptatietest ook richting aan het door ontwikkelen van Pluimradar in de toekomst. Deze resultaten en conclusies worden in hoofdstuk 5 besproken.

3.1 Meteorologische databestanden

Het KNMI genereert meermalen per dag nieuwe meteorologische analyses van de atmosfeer op basis van metingen. Deze analyse wordt omgezet in digitale gegevens en opgeslagen in een bestand in het in de meteorologie gebruikelijke bestandsformaat GRIB. De analyse wordt ook gebruikt om een weersverwachting te genereren en ook deze informatie wordt via een GRIB-bestand opgeslagen. Voor de analyse van het weer en de weersverwachting gebruikt het KNMI diverse weermodellen. Dit rapport beperkt zich tot de bestanden die aangemaakt zijn door de weermodellen HIRLAM en HARMONIE, aangezien dat de uitvoer is die na enkele bewerkingsslagen door Pluimradar gebruikt wordt.

De bewerkingsschappen zijn achtereenvolgens:

Het KNMI voert een bewerkingsslag uit zodat alleen die informatie die door Pluimradar gebruikt wordt, doorgestuurd wordt.

Deze bestanden worden naar het RIVM gestuurd via de tool geheten VIVID. Het RIVM leest deze bestanden in met een meteorologische preprocessor.

Vervolgens wordt het model NPK-PUFF gebruikt voor de berekening van de pluim.

Pluimradar verzorgt de communicatie tussen gebruiker en het verspreidingsmodel. Dit gaat als volgt:

Pluimradar krijgt de brongegevens van de gebruiker en geeft deze aan NPK-PUFF. NPK-PUFF geeft de berekende verspreiding aan Pluimradar en Pluimradar presenteert de pluim op een coördinatenstelsel dat door de gebruiker gekozen wordt.

Voor het testen van de bovengenoemde schakels is onderstaand testprotocol ontwikkeld, zodat de huidige versie van Pluimradar geverifieerd kan worden. Bovendien kan dit testprotocol wijzigingen in de keten snel controleren op correctheid.

3.2 Eenvoudige bestandstest

De eerste test is een controle op de verzending van digitale bestanden van het KNMI naar het RIVM. De bestanden die vanaf het KNMI verstuurd zijn naar het RIVM worden daarna door het RIVM weer teruggestuurd via een andere route. Met de tools diff en wgrib wordt gecontroleerd dat ook de inhoud hetzelfde en bruikbaar is. Op beide instituten worden verschillende bestandsnamen gehanteerd voor deze bestanden. Dit is voor de inhoud niet relevant, maar het is wel een punt van aandacht bij het uitvoeren van het testprotocol.

3.3 Uniform windveld

De eerste test van de werking van Pluimradar wordt uitgevoerd met een weersituatie met een uniform windveld over het hele rekengebied. Hiervoor is een weersituatie geconstrueerd met een westenwind over het hele rekengebied. Hierbij wordt in het hele 3D rekendomein met deze windrichting en dezelfde windsnelheid gerekend. Ook alle andere parameters worden vastgezet op één waarde voor alle roosterpunten. Er is hier gekozen voor een westenwind, wat betekent dat de pluim naar het oosten moet waaien. Er is in deze virtuele atmosfeer geen neerslag, de stabiliteit is neutraal, de menkhoogte 1000 meter en de temperatuur is 15 graden Celsius.

3.4 Neerslag in een klein gebied

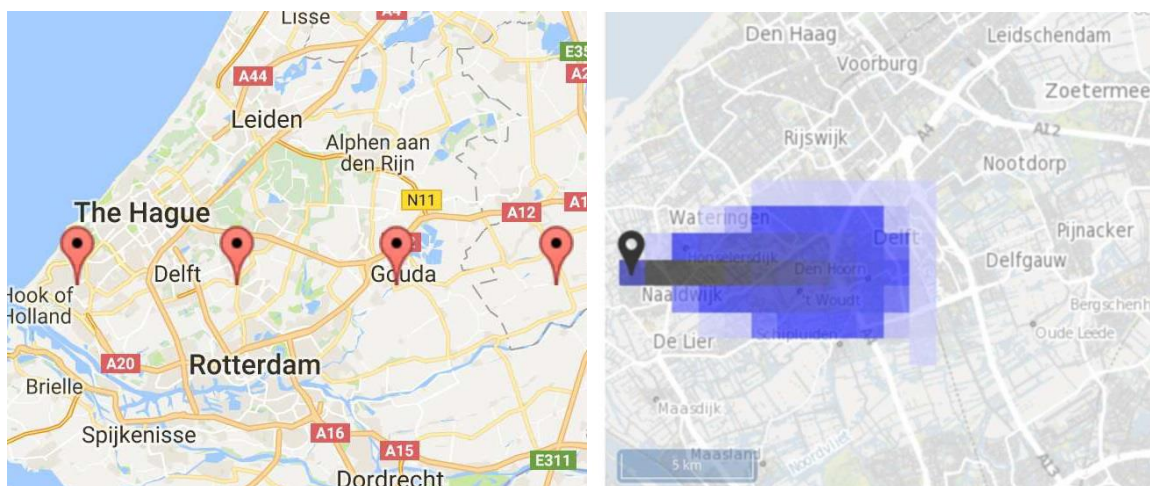
De volgende stap in het testprotocol is de depositie ten gevolge van neerslag. Alle parameters blijven gelijk aan de eerste test, behalve de neerslag. Bij deze testdataset wordt over het hele veld neerslag gesimuleerd. Bij deze test wordt nagegaan of de locatie van depositie door neerslag klopt en of deze depositie toeneemt bij grotere hoeveelheid neerslag. Er zijn drie testen waarbij de hoeveelheid neerslag elke keer verdubbelt.

3.5 Westenwind

Met een westenwind wordt in de meteorologie bedoeld een wind die uit het westen komt en naar het oosten waait. Normaal gesproken zal de wind op verschillende hoogtes niet overal dezelfde richting en snelheid hebben, waardoor de pluim kan afwijken van een strakke oostelijke richting. Bij de synthetische test is een windrichting en windsnelheid opgelegd die op alle hoogtes hetzelfde is. Dat betekent dat de pluim wel mag verbreden, maar niet van een oostelijke richting mag afwijken.

De punten in Figuur 3-1 zijn geplot met een onderlinge afstand van ongeveer een kwart graad Oosterlengte. Dat komt op onze breedtegraad overeen met een onderlinge afstand van iets meer dan 17 kilometer. Met een windsnelheid van 5 m/s betekent dit dat de pluim na iets minder dan een uur het volgende punt bereikt moet hebben en na twee uur het daaropvolgende punt, en zo verder. Ook hier geldt dat de pluim uitdijt rondom zijn eigen middelpunt door turbulente bewegingen in de atmosfeer. Daardoor kan de voorkant van de pluim iets verder zijn. Doordat bovendien de Pluimradar de atmosfeer in een rooster opdeelt, geven de punten in dit plaatje wel een indicatie van de afstand die de pluim na een uur of na enkele uren bereikt moet hebben, maar niet een absolute positie.

In Figuur 3-1 is de pluim te zien die door Pluimradar berekend wordt bij een uniforme westenwind van 2.5 m/s een uur na de start van de lozing. Linksonder in het plaatje staat de schaal. Hieruit is af te leiden dat de voorkant van de pluim na 1 uur ongeveer 10 kilometer ten oosten van de bron is gekomen. Dit klopt: bij een windsnelheid van 2.5 m/s is de verplaatsing van het centrum van de pluim gelijk aan 9 kilometer. Ook is in dit plaatje te zien dat de pluim redelijk symmetrisch in alle richtingen uitdijt. De kleurcode geeft de relatieve concentraties weer. Hoe donkerder de kleur hoe hoger de concentraties. Het gaat hier om relatieve waarden omdat Pluimradar een quick response tool is en details omtrent de lozing nog niet bekend zijn of in ieder geval waarschijnlijk zeer onzeker zijn.

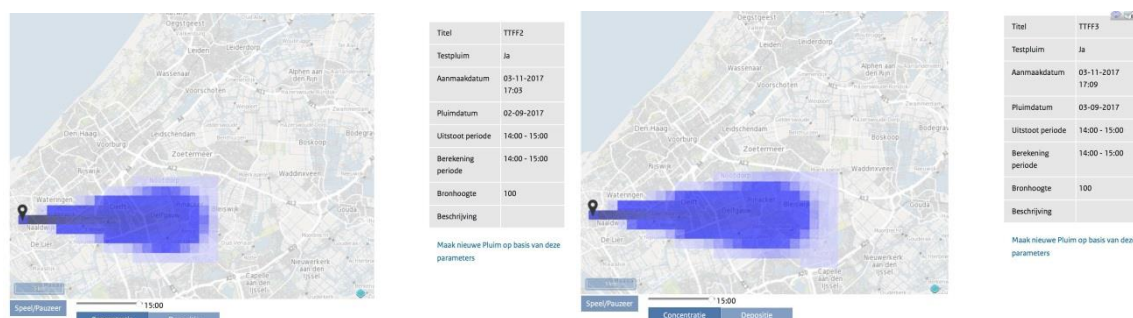


Figuur 3-1 De punten in het linker plaatje zijn geplot met een onderlinge afstand van een kwart graad Oosterlengte. Het meest westelijke punt in de buurt van Den Haag ligt op 52.0 Noorderbreedte en 4.2 Oosterlengte, dit is ook waar het hypothetische incident plaats vindt. Het rechterplaatje laat de bij dit incident horende verspreiding zien bij een uniforme westenwind van 2.5 m/s een uur na de start van de lozing. Linksonder in het rechterplaatje is de schaal te zien: het rechthoekige blokje zelf is iets meer dan 5 km lang.

3.6 Verschillende windsnelheden

Ten behoeve van het valideren van Pluimradar zijn de meteorologische invoerbestanden die door het verspreidingsmodel (NPK-PUFF) worden gebruikt, zodanig bewerkt dat er een uniforme westenwind staat over het hele rekengebied en op alle hoogtes. De menhoogte is 1000 meter in het hele gebied. Neerslag is in de eerste experimenten op nul gezet. Alle andere parameters zijn ook over het hele rekengebied op dezelfde waarde gezet en wel op de waarde zoals deze in het oorspronkelijke bestand was op de locatie Cabauw. Alleen het land-zee masker is niet veranderd.

Zo is duidelijk welke richting de pluim op moet gaan: bij een westenwind moet de pluim naar het oosten bewegen. Dit is getest voor 3 verschillende windsnelheden: 2.5 m/s, 5 m/s en 7.5 m/s. Met deze windsnelheden zal het zwaartepunt van de pluim na 1 uur respectievelijk 9, 18 en 27 kilometer ten oosten van de lozingsbron liggen. In Figuur 3-1 was te zien dat dit klopte voor de laagste windsnelheid. In Figuur 3-2 is het resultaat geplot voor 5 en 7.5 m/s. De positie van de pluim in het linker plaatje is zoals verwacht bij die windsnelheid. De pluim in het rechterplaatje is echter minder ver gekomen dan verwacht. Dit is een gevolg van de keuze om in Pluimradar de pluim af te kappen zodra deze verspreiding meer dan 20 kilometer van de bron is verwijderd.



Figuur 3-2 De pluim van het hypothetische incident in Den Haag na 1 uur, bij een windsnelheid van 5 m/s (b en) en 7.5 m/s (rechts). Schaal staat linksonder en geeft de lengte van 5 km aan.

3.7 Lozingsduur en berekenduur

In het startscherm (zie Figuur 3-3) van Pluimradar worden de brongegevens ingevoerd. Hierin worden de volgende gegevens ingevuld: "Datum", "Start van lozing", "Duur van lozing" en "Berekenen tot". Voor de datum wordt jaar, maand en dag ingevuld. De start van de lozing is in uren en minuten. De "duur van de lozing" en het "berekenen tot" moeten ingevuld worden ten opzichte van het startmoment, en dit kan met stappen van een half uur.

Voer gegevens in om een pluim te genereren

* verplichte velden

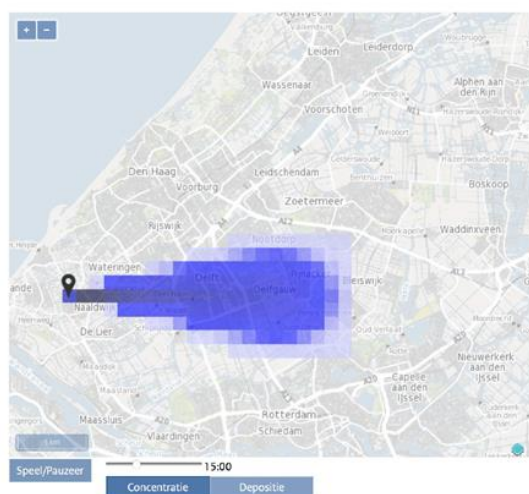
Titel*		
Beschrijving		
Testpluim	☐	?
Datum*	2017-11-09	?
Start van lozing*	05 : 18	
Duur van lozing*	+ 1:00 uur	?
Berekenen tot*	+ 1:00 uur	?
Effectieve bronhoogte (meters)*	0	
Locatie van de lozing*	52.000000 - 5.000000	
Coördinatensysteem	GPS	
Genereert		

Figuur 3-3 Lozingsduur en berekenduur worden ingevuld in het startscherm "Voer gegevens in om een pluim te genereren"

In het uitvoerscherm van Pluimradar worden de laatste gegevens omgezet in de tijd in uren. Hierbij is de lozingsduur en de berekeningsduur bij de starttijd opgeteld. In het "Info Pluim" scherm worden hiervoor de termen "Uitstoot periode" en "Berekening periode" gebruikt.

In Figuur 3-4 wordt dit grafisch toegelicht, waarbij weer een uniforme windsnelheid van 5 m/s gebruikt is. De bron starttijd is in dit geval 14:00 uur. Bij dit experiment is de lozingsduur op 1 uur gezet, wat leidt tot een uitstootperiode van 14:00-15:00. De "Berekening periode" is op 3 uur gezet, dit betekent dat de pluim 3 uur lang te volgen is. In het eerste plaatje is de pluim te zien 1 uur na de start van de lozing en de pluim spreidt zich uit van de bronlocatie verder oostwaarts. In het tweede plaatje is het anderhalf uur na de start van de lozing en dus een half uur na het einde van de lozing. Dit zorgt ervoor dat de pluim ondertussen in zijn geheel ten oosten van de bronlocatie is.

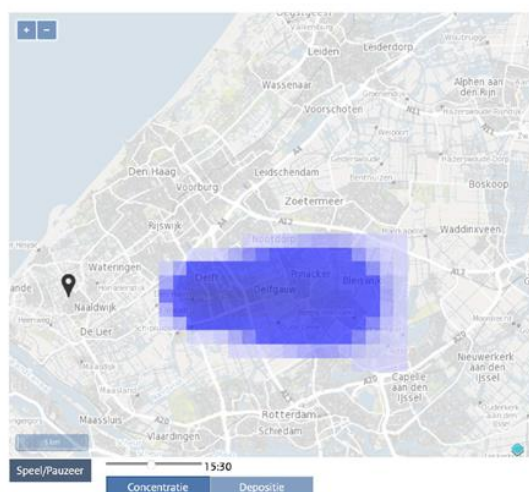
Het derde plaatje is een screenshot op 2 uur na de start van de lozing. Hier is weer het afbreken van de pluim op 20 kilometer van de bron te zien. Doordat de pluim aan de linkerkant wel verder naar het oosten beweegt wordt dit in dit geval een bolletje.



Info Pluim

Titel	TTFF2
Testpluim	Ja
Aanmaakdatum	13-11-2017 16:20
Pluimdatum	02-09-2017
Uitstoot periode	14:00 - 15:00
Berekening periode	14:00 - 17:00
Bronhoogte	100
Beschrijving	

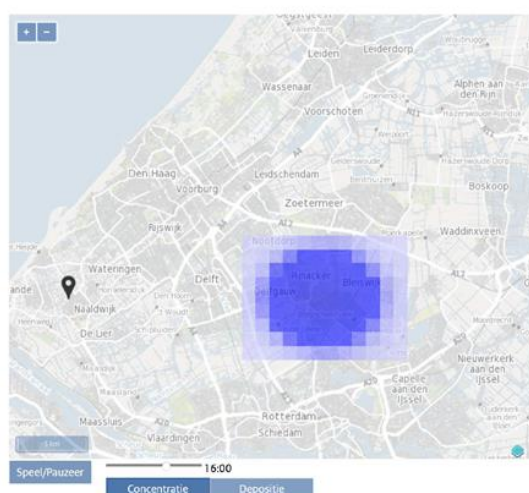
[Maak nieuwe Pluim op basis van deze parameters](#)



Info Pluim

Titel	TTFF2
Testpluim	Ja
Aanmaakdatum	13-11-2017 16:20
Pluimdatum	02-09-2017
Uitstoot periode	14:00 - 15:00
Berekening periode	14:00 - 17:00
Bronhoogte	100
Beschrijving	

[Maak nieuwe Pluim op basis van deze parameters](#)



Info Pluim

Titel	TTFF2
Testpluim	Ja
Aanmaakdatum	13-11-2017 16:20
Pluimdatum	02-09-2017
Uitstoot periode	14:00 - 15:00
Berekening periode	14:00 - 17:00
Bronhoogte	100
Beschrijving	

[Maak nieuwe Pluim op basis van deze parameters](#)

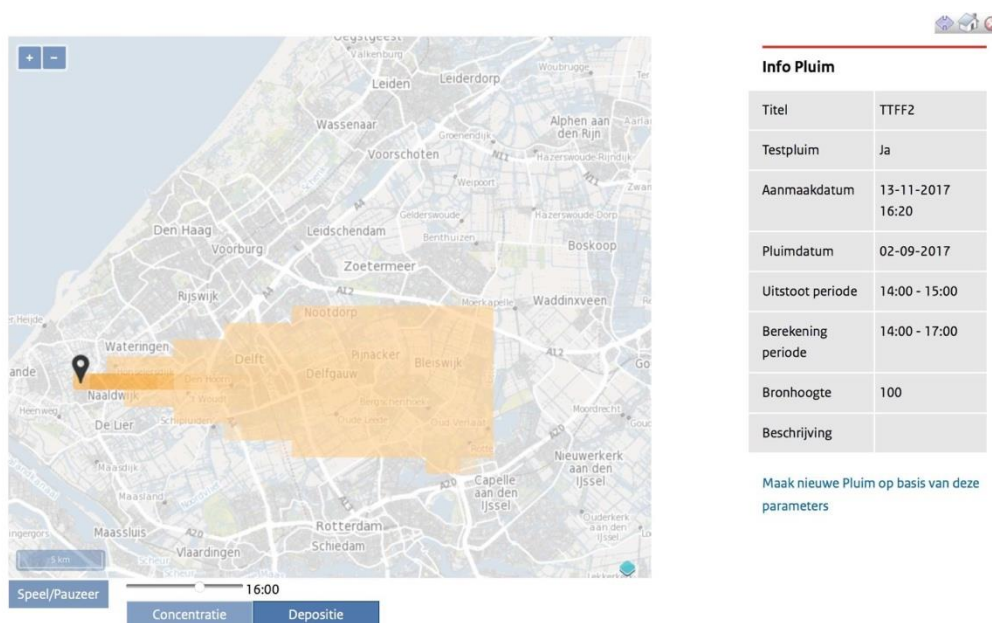
Figuur 3-4 De pluim van het hypothetische incident in Den Haag na 1 uur (boven) en na anderhalf uur (midden). De uitstoot periode was 1 uur, de windsnelheid 5 m/s. Het derde plaatje is 2 uur na de start van de lozing en 1 uur na het einde van de lozing.

3.8 Droge depositie

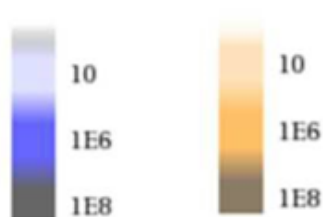
Onder het menu zijn twee knoppen te zien: Concentratie en Depositie. Concentratie is de relatieve concentratie geïntegreerd over een kolom lucht. We zullen dit in dit rapport echter gewoon aanduiden als concentratie. Met andere modellen en informatie over de bronterm zijn overigens wel degelijk echte concentratieberekeningen mogelijk. Depositie is wat er op de grond via droge of natte depositie terecht komt. Op hetzelfde moment als het derde plaatje in Figuur 3-4 is nu ook een screenshot genomen van de depositie.

In Figuur 3-5 vallen een paar dingen op. Ten eerste is de depositie over het hele gebied aanwezig met de hoogste waarden vlak bij de bron. Daarnaast is in dit plaatje het afbreken van de pluim op zo'n 20 kilometer van de bronlocatie duidelijk te zien aan de rechterkant, waar in het plaatje van de depositie een duidelijke begrenzing te zien is.

Het gaat hier overigens om droge depositie, want de neerslag is op nul gezet. Het proces dat voor droge depositie zorgt, is over het gehele gebied hetzelfde. Daarom is het logisch dat de depositiewaarden bij de bron het hoogste zijn want daar is ook de concentratie het hoogste.



Figuur 3-5 De depositie van het hypothetische incident in Den Haag 2 uur na de start van de lozing.



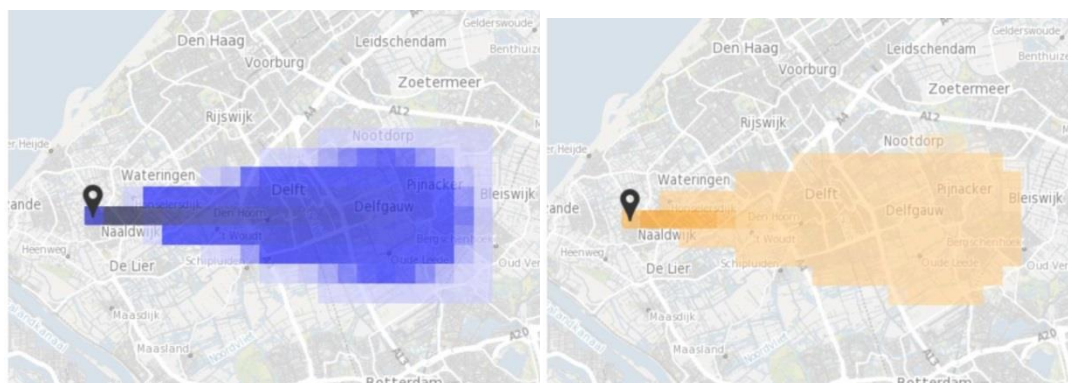
Figuur 3-6 Legenda bij de diverse plaatjes, links voor de concentratie en rechts voor de depositie.

3.9 Natte depositie

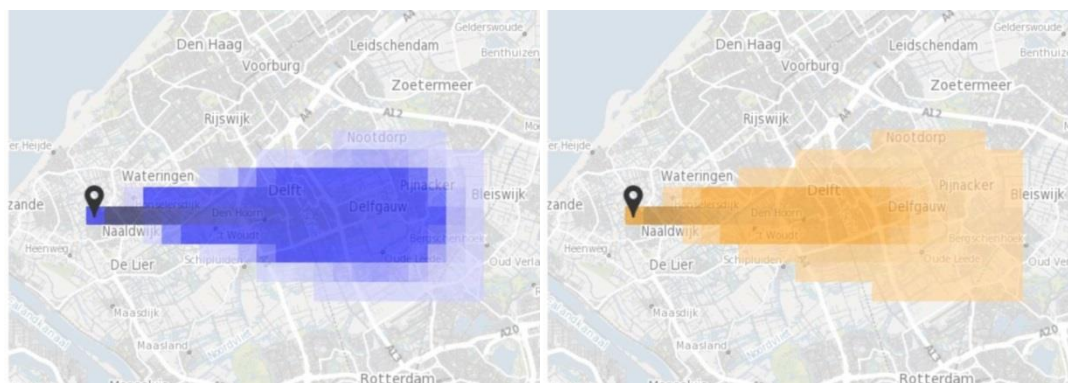
Bij depositie wordt geen onderscheid gemaakt tussen droge en natte depositie. Neerslag, de veroorzaker van natte depositie, kan echter wel veel uitmaken, ook voor de concentratie. Om dit te laten zien is een neerslagveld aangemaakt met vrij veel neerslag in het gebied van de pluim. Ook hier geldt weer dat het om een synthetische weersituatie gaat. Hoewel hoge neerslaghoeveelheden wel mogelijk zijn, is het vaak lastig om precies aan te geven waar deze neerslag valt. In dit geval overlapt het regengebied de pluim en regent een aanzienlijk deel van de pluim uit.

Wederom voor een westenwind met een windsnelheid van 5 m/s en een menghoogte van 1000 meter is een berekening zonder neerslag vergeleken met een berekening waarbij een aanzienlijke hoeveelheid regen valt. Een snapshot van de concentratie en de depositie is genomen 1 uur na de start van het incident.

In Figuur 3-7 is de uitvoer voor de berekening zonder regen, terwijl in Figuur 3-8 de uitvoer laat zien met veel neerslag. In beide figuren wordt in het linker paneel de concentratie en in het rechter paneel de depositie weergegeven. De legenda's zijn te vinden in figuur 3-6. Het effect van de neerslag is het duidelijkst te zien in de depositie, zo op het oog geschat is het verschil in depositie in de orde van een factor 100. De gebruikte intervallen zijn niet lineair. Daardoor is het lastig om de hoeveelheden te vergelijken. Maar ook hier geldt dat het om relatieve concentraties en deposities gaat.



Figuur 3-7 Pluimuitvoer zonder regen, de concentratie (links) en de depositie (rechts) een uur na de start van de lozing.



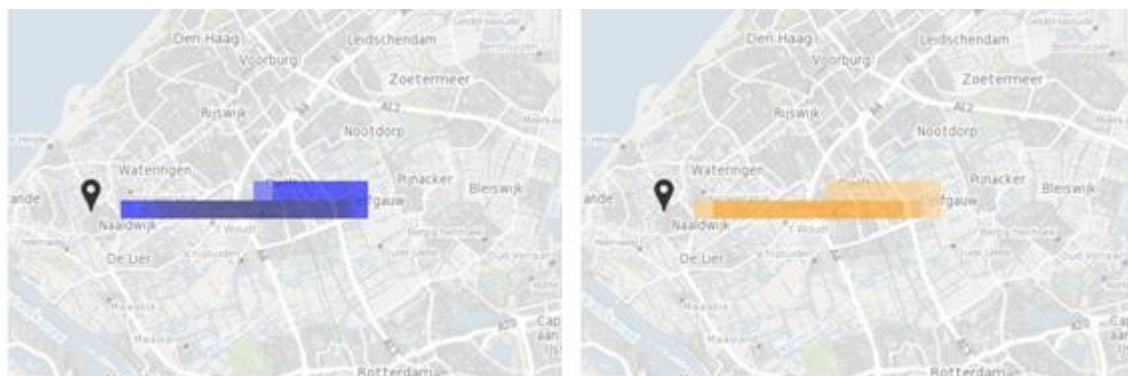
Figuur 3-8 Pluimuitvoer met regen, de concentratie (links) en de depositie (rechts) een uur na de start van de lozing)

3.10 Menghoogte

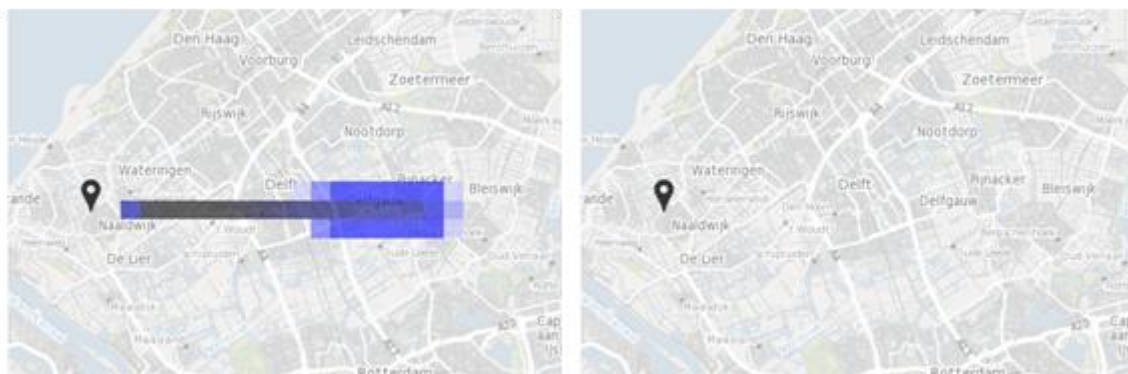
In deze paragraaf wordt het effect van de menghoogte geïllustreerd, met behulp van een menghoogte van 50, 200 en 1500 meter. Alle andere resultaten zijn berekend met een menghoogte van 1000 meter.

In de Pluimradar berekeningen van Figuur 3-9 en Figuur 3-10 is de menghoogte slechts 50 meter. Een dergelijke lage menghoogte kan zeker in de winter regelmatig voorkomen. In Figuur 3-9 is de bronhoogte ruim lager dan de menghoogte, namelijk 10 meter. Echter is de bronhoogte in Figuur 3-10 op 200 meter gezet, beduidend hoger dan de menghoogte. In de concentratieplaatjes zijn wel verschillen te zien, maar deze zijn niet zo groot doordat het hierbij gaat om een kolom concentratie. Dat wil zeggen dat de concentratie een som is van de concentratie in de menglaag en in de laag daarboven.

Echter, de depositie geeft alleen weer wat er op de grond terechtkomt en hier is het verschil tussen een lozing in de menglaag of een lozing in de laag daarboven groot. Bij de lozing boven de menglaag vindt geen depositie aan de grond plaats.



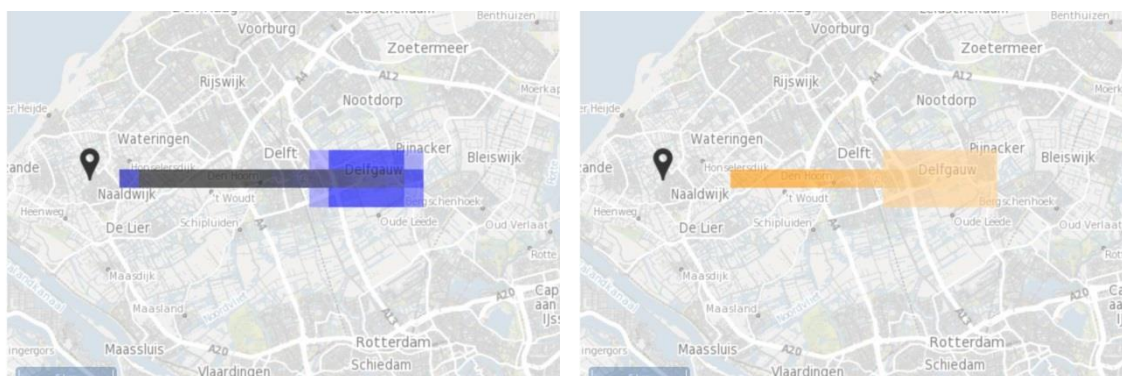
Figuur 3-9 Pluimuitvoer met een lage menghoogte, van slechts 50 meter. De bronhoogte is nog lager, namelijk 10 meter. Links de concentratie en rechts de depositie een uur na de start van de lozing.



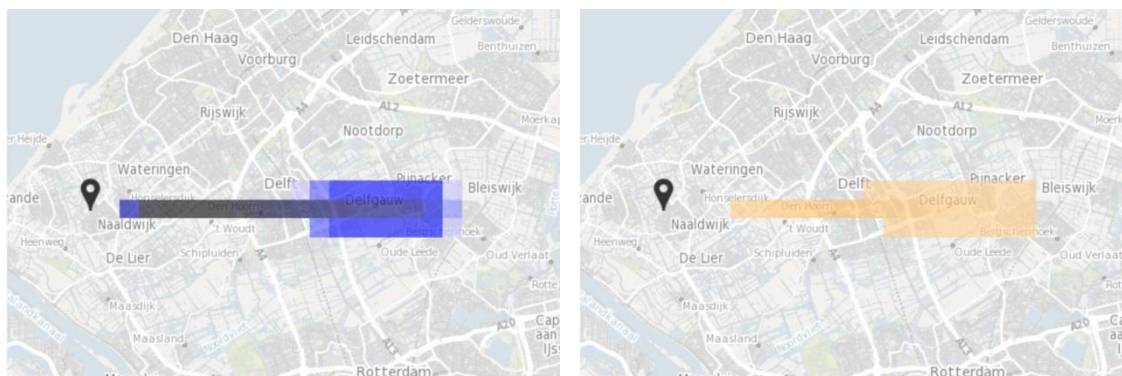
Figuur 3-10 Pluimuitvoer met een lage menghoogte, van slechts 50 meter. De bronhoogte is aanzienlijk hoger, namelijk 200 meter. Links de concentratie en rechts de depositie een uur na de start van de lozing.

Een ander effect van een diepe of ondiepe menglaag is de concentratie. Bij een grote menghoogte (diepe menglaag) kan de pluim zich ook in de hoogte verspreiden. De geïntegreerde concentratie over de gehele menglaag blijft gelijk, maar de concentraties aan de grond zijn daardoor lager. Doordat de droge depositie afhankelijk is van de concentratie dicht bij de grond zal dit effect ook te zien zijn in de depositie.

In de Figuren Figuur 3-11 en Figuur 3-12 is de uitvoer van de pluimberekening te zien met een bronhoogte van 200 meter, waarbij in de eerste berekening de menghoogte 200 meter bedraagt. In de tweede berekening is de menghoogte 1500 meter. Het effect is inderdaad te zien in de depositie; een grotere menghoogte geeft minder depositie.



Figuur 3-11 Pluimuitvoer, menghoogte is 200 meter, bronhoogte is 200 meter. Links de concentratie en rechts de depositie een uur na de start van de lozing.

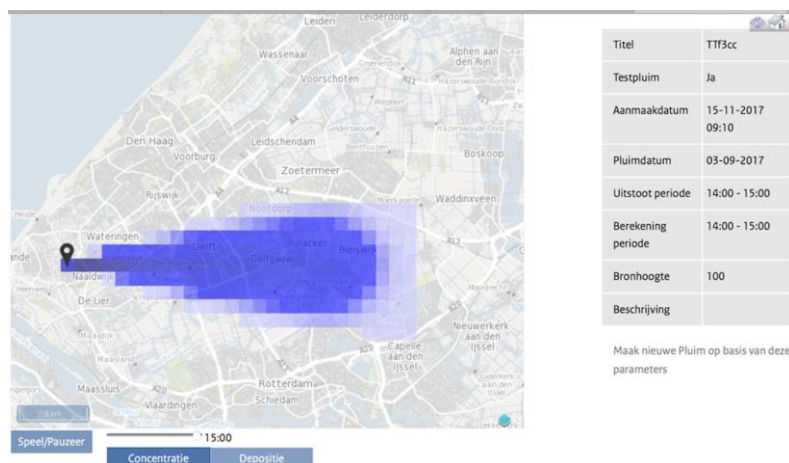


Figuur 3-12 Pluimuitvoer, menghoogte is 1500 meter, bronhoogte is 200 meter. Links de concentratie en rechts de depositie een uur na de start van de lozing.

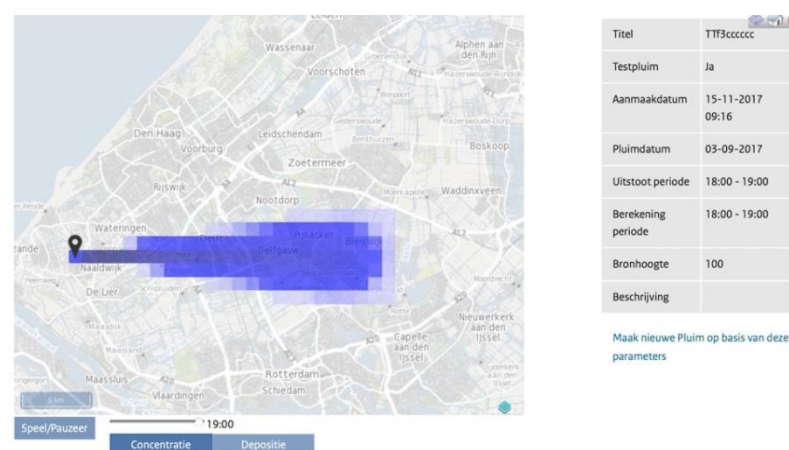
3.11 Dagelijkse gang

Bij het testen met een uniforme weersituatie gedurende een hele dag bleek dat de meteorologische preprocessor die bij het RIVM de meteorologische invoer controleert, ook een dagelijkse gang in de dispersieparameters aanbrengt. De effecten worden hier getoond door drie hypothetische lozingen te starten op verschillende tijdstippen van de dag. De meteorologie is gedurende deze periode hetzelfde, maar de verspreiding varieert.

In alle drie de gevallen wordt de verspreiding getoond 1 uur na de bron starttijd. De starttijd van de bron is 14:00 in Figuur 3-13, 18:00 uur in Figuur 3-14 en 22:00 uur 's avonds in Figuur 3-15. Duidelijk is te zien dat de pluim 's avonds veel smaller is dan overdag. Dit is een gevolg van de stabiliteit die door de meteorologische preprocessor wordt berekend op basis van het tijdstip van de dag. Gemiddeld genomen is er inderdaad sprake van een verschil in stabiliteit overdag en 's avonds/'s nachts of beter gezegd als de zon op of onder is. Ook andere parameters zoals bv. bedekkingsgraad en windsnelheid dragen bij aan de mate van (on)stabiliteit.



Figuur 3-13 Starttijd bron 14:00 uur LT, verspreiding om 15:00 uur LT



Figuur 3-14 Starttijd bron 18:00 LT, verspreiding om 19:00 LT



Figuur 3-15 Starttijd bron 22:00 LT, verspreiding om 23:00 LT

4 Verificatie door acceptatietesten met werkelijke weersituaties

Pluimradar is een webtool voor 'quick response', waarmee een gebruiker een snelle actuele indruk krijgt van de verwachte verspreiding. Het verwachten van de verspreiding van stoffen door de lucht is een complexe exercitie. Hoewel de Pluimradarberekeningen worden uitgevoerd met gevalideerde verspreidingsmodellen, kan het voorkomen dat de resultaten geen goede weergave zijn van werkelijkheid.

Aan de hand van twee weersituaties in oktober 2017 wordt hier toegelicht in welke situatie het gewenst is dat er een consultatie met de veiligheidsmeteoroloog van het KNMI zal plaatsvinden en waarom.

Voor de positie van de zogenaamde lozing is dezelfde locatie in de buurt van Den Haag gebruikt als bij de testen in Hoofdstuk 3. De eerste case laat een pluim zien die gestart is op 4 oktober 2017 om 0 uur. De tweede pluim heeft 5 oktober 2017 6 uur als starttijd.

Pluimradar werkt met lokale tijd, maar de in de volgende paragrafen getoonde plaatjes van de weersituatie zijn vaak in UTC. Met dit verschil hoeft de gebruiker van Pluimradar geen rekening te houden want zowel het invoer- als het uitvoerscherm gebruikt de lokale tijd. De veiligheidsmeteoroloog zal dan ook zijn adviezen vertalen naar lokale tijd.

Hieronder wordt eerst een korte beschrijving gegeven van het weer en de consequenties ervan voor de uitvoer van Pluimradar. Daarna wordt meer uitgebreid ingegaan op de weersituatie en details in de Pluimradaruitvoer.

4.1 Weersituatie case 1: 4 oktober 2017

Situatie van de avond van 3 oktober 2017 en de nacht van 4 oktober 2017:

Een hogedrukgebied strekt zich uit van de Atlantische Oceaan (zuid van Ierland) tot over het midden van Frankrijk. Ons land bevindt zich op de noordflank ervan en heeft te maken met een westelijke stroming. Het is droog en de westenwind is matig (3-4 m/s) boven land. Rond middernacht vindt er een kortdurende uitstoot van 1 uur plaats.

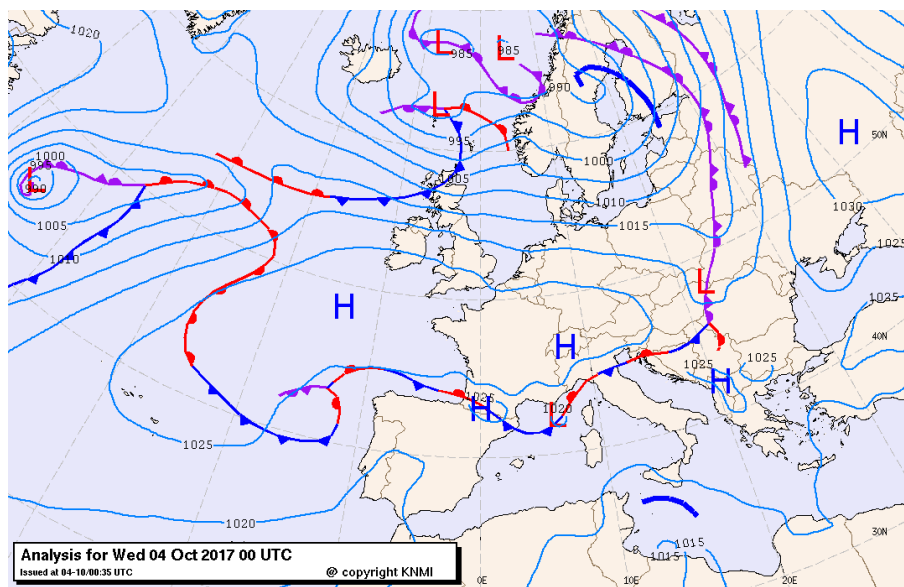
De pluim zal zich in oostwaartse richting verplaatsen. Omdat de wind gedurende de nacht niet of nauwelijks verandert, zal de Pluimradar een tamelijk gelijkmatige oostwaartse verplaatsing laten zien van ongeveer 3-4 m/s (11-14 km/uur).

De wind is zowel wat betreft richting als snelheid tamelijk constant. Neerslag is niet aanwezig en wordt ook niet verwacht. In dit geval is het zeer waarschijnlijk dat bij het gebruik van de Pluimradarapplicatie er na het opvragen van een pluim geen consultatie vanuit het KNMI (veiligheidsmeteoroloog) zal plaatsvinden.

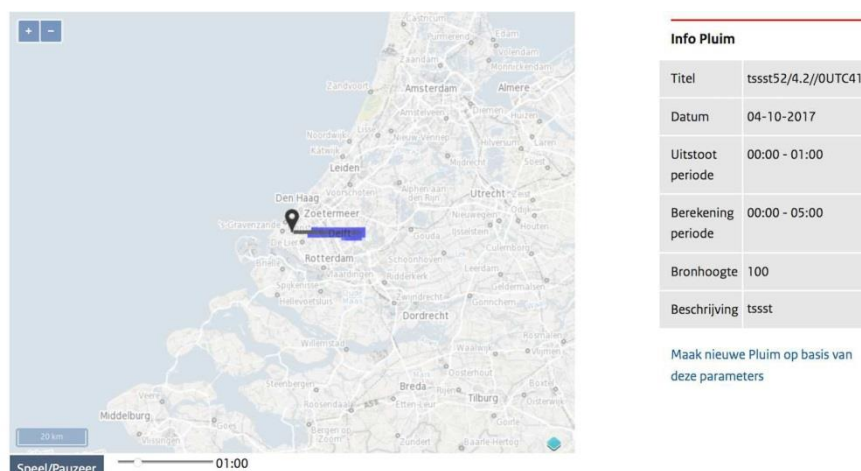
4.2 Analyse case 1

De brongegevens van de hypothetische lozing zijn:
Starttijd 4 oktober 2017 om 0 uur, uitstootperiode van 00:00-00:10 uur,
berekenperiode 00-05 uur, bronhoogte 100 meter.

In Figuur 4-1 is de weerkaart en in Figuur 4-2 is de uitvoer van Pluimradar weergegeven. De pluim komt goed overeen met de beschrijving van het weer in paragraaf 4.1.



Figuur 4-1 De weersituatie van case 1, met analyse van drukpatroon met ingetekende fronten.



Figuur 4-2 De pluim van case 1 op basis van een hypothetisch incident in de buurt van den Haag om 0 uur lokale tijd.

4.3 Aandachtspunten case 1

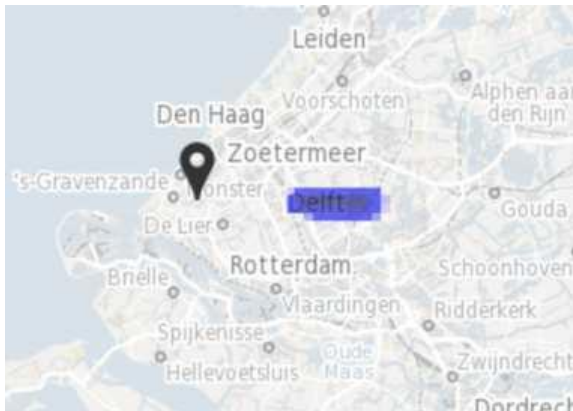
4.3.1 *Pluimradar werkt met lokale tijd.*

De weerkaart bevat echter de tijd in UTC: Figuur 4-1 toont de analyse van het weer op 4 oktober 2017 om 0 uur UTC. In oktober is het nog zomertijd en het verschil met lokale tijd is dan 2 uur. Dat wil zeggen dat de weerkaart de weersituatie om 2 uur lokale tijd laat zien. De starttijd van de bron is 0 uur lokale tijd, dus 2 uur eerder dan het tijdstip waarvoor de weerkaart geldig is. Bij deze weersituatie is de variatie in de tijd van het weer niet zo groot en deze weeranalyse geeft ook een goede indruk van de weersituatie ten tijde van de start van de lozing.

4.3.2 *De 'berekenperiode' is langer dan 'uitstootperiode'.*

De berekenperiode is langer dan de uitstootperiode en er is daarom ook een pluimuitvoer beschikbaar op een tijdstip dat de lozing al gestopt is. In Figuur 4-3 is de pluim 20 minuten na het einde van de lozing geplot. Door de vrij strakke westenwind ligt de pluim nu geheel ten oosten van de bron een stukje van de bron af.

In dit plaatje is ook te zien dat Pluimradar de pluim berekent tot een afstand van 20 km van de bron.



Figuur 4-3 De uitvoer van Pluimradar (relatieve concentratie) 20 minuten na het einde van de lozing ligt ten oosten van de bron.

4.4 Weersituatie case 2: 5 oktober 2017

Situatie van 5 oktober 6-14 uur lokale tijd:

Een klein lagedrukgebied trekt in de ochtend net noord van ons land langs naar het oosten. Als gevolg hiervan staat er veel wind. In de ochtend is de wind westzuidwest, ca 10 m/s (36 km/uur). Het regent af en toe en op nadering van een koufront neemt de wind nog verder toe tot 12 m/s (ca. 43 km/uur). Tegen het middaguur passeert het koufront. Meteen daarna draait de wind naar noordwest en neemt in de middag dan langzaam af. Het wordt dan ook op de meeste plaatsen droog.

De pluim die tussen 06 en 12 uur vrijkomt, zal zich in eerste instantie met een flinke snelheid (40-50 km/uur) in oostnoordoost richting verplaatsen. Omdat er dan ook af en toe regen valt is er sprake van verhoogde depositie (uitwassen). In de loop van de ochtend zal te zien zijn dat de pluim naar het oosten gaat bewegen om tegen de middag naar het zuidoosten af te buigen als gevolg van het draaien van de wind naar noordwest.

In de periode waarover de pluim is opgevraagd, verandert de wind zowel in snelheid als richting. Er zijn altijd onzekerheden in de verwachting van de timing en de mate van de windveranderingen. Tevens valt er neerslag, wat ook een complicerende factor kan zijn (waar regent het wel, waar niet, hoe lang regent het nog?). In deze situatie is het dan ook zeer waarschijnlijk dat na het opvragen van een pluim met behulp van de Pluimradarapplicatie, er vanuit het KNMI (veiligheidsmeteoroloog) een consultatie zal plaatsvinden.

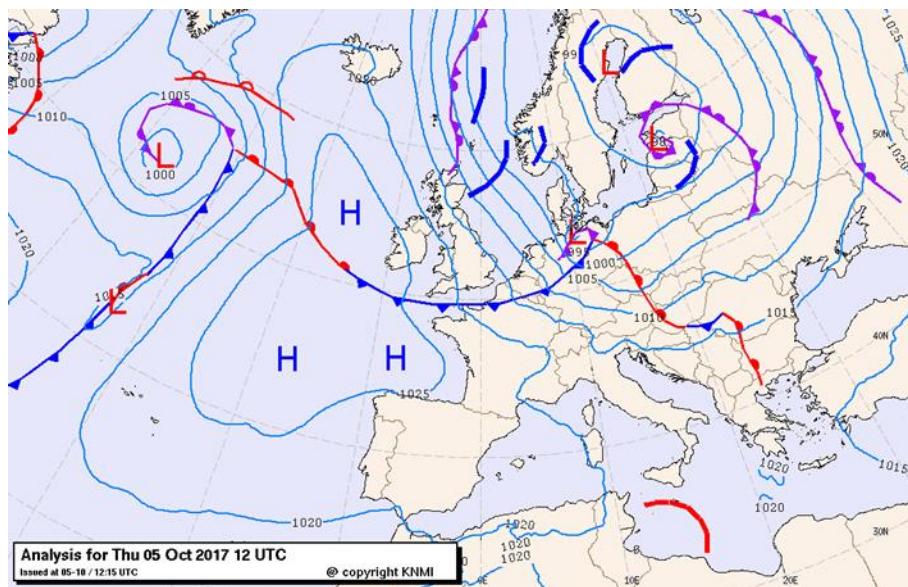
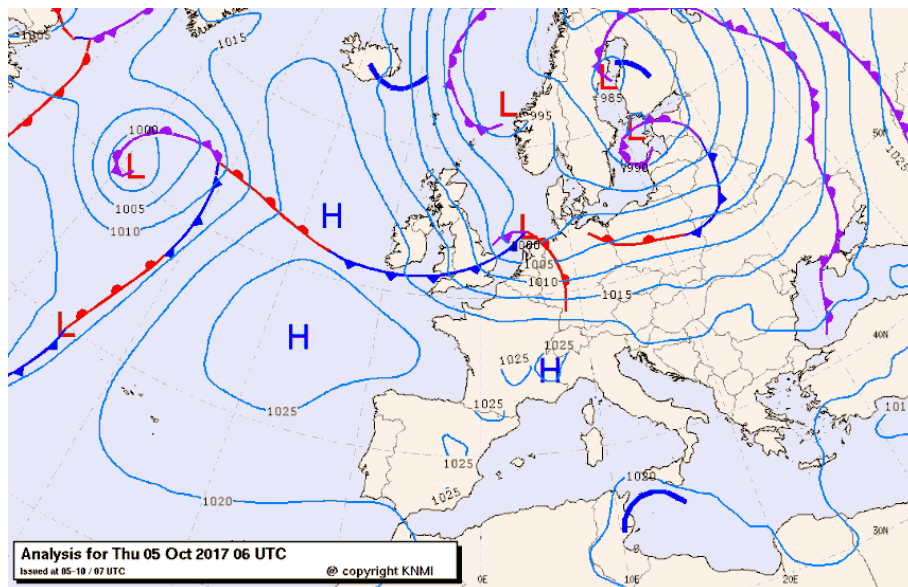
4.5 Analyse case 2

De brongegevens van de hypothetische lozing zijn:

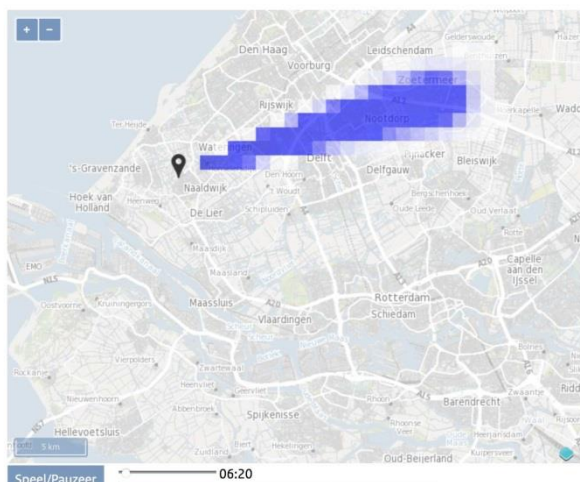
Starttijd 5 oktober 2017 om 06:00, uitstootperiode van 06:00-12:00 uur,

Berekenperiode 06-14 uur, bronhoogte 100 meter.

De weerkaarten in Figuur 4-4 laten de analyses zien van het weer twee uur na de starttijd van de lozing en aan het einde van de rekenperiode. Duidelijk is dat het weer gedurende de rekenperiode snel varieert, en zoals beschreven in paragraaf 4.4 heeft dit veel effect op de pluim (Figuur 4-5). De variatie in de richting van de pluim komt overeen met de beschrijving van het weer in paragraaf 4.4.

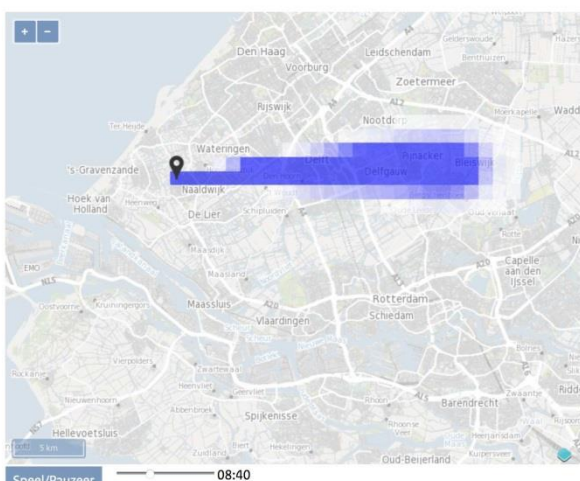


Figuur 4-4 De weersituatie van case 2, met analyse van drukpatroon met ingetekende fronten.



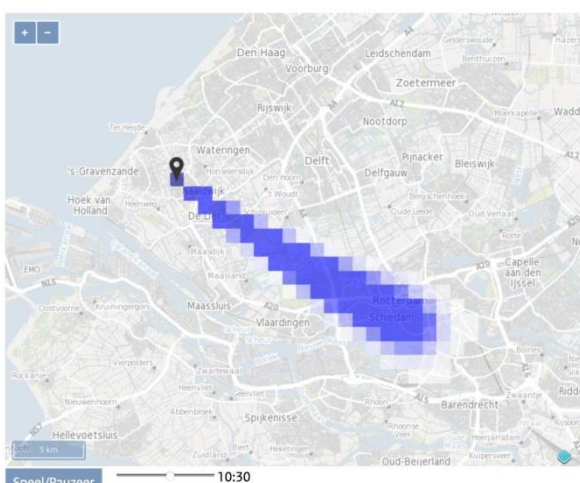
Info Pluim	
Titel	test_52-4p2-5okt-10LT6dur8cal
Datum	05-10-2017
Uitstoot periode	06:00 - 12:00
Berekening periode	06:00 - 14:00
Bronhoogte	100
Beschrijving	

[Maak nieuwe Pluim op basis van deze parameters](#)



Info Pluim	
Titel	test_52-4p2-5okt-10LT6dur8cal
Datum	05-10-2017
Uitstoot periode	06:00 - 12:00
Berekening periode	06:00 - 14:00
Bronhoogte	100
Beschrijving	

[Maak nieuwe Pluim op basis van deze parameters](#)



Info Pluim	
Titel	test_52-4p2-5okt-10LT6dur8cal
Datum	05-10-2017
Uitstoot periode	06:00 - 12:00
Berekening periode	06:00 - 14:00
Bronhoogte	100
Beschrijving	

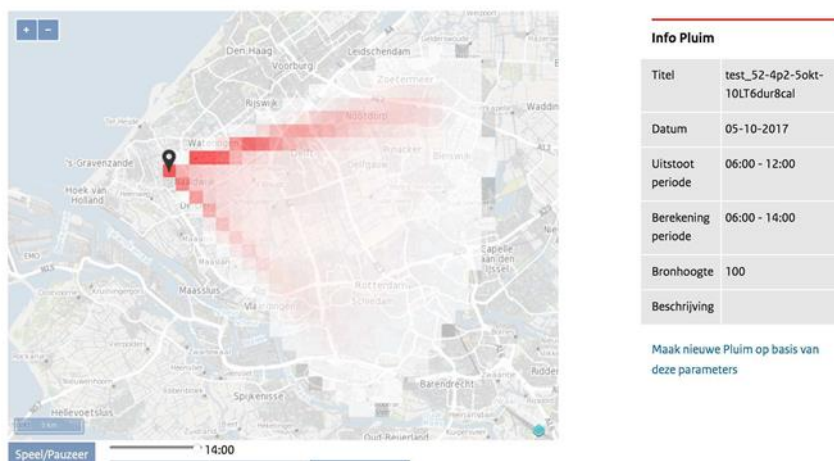
[Maak nieuwe Pluim op basis van deze parameters](#)

Figuur 4-5 De uitvoer van Pluimradar (relatieve concentratie) van case 2 resp 00:20 uur, 2:20 uur en 4:30 uur na het beging van de lozing.

4.6 Aandachtspunt case 2

4.6.1 *Depositie van de pluim.*

Depositie vindt plaats gedurende de hele periode van de lozing. Doordat de pluim eerst naar het noordoosten waait, daarna naar het oosten en tenslotte naar het zuidoosten vindt er depositie plaats over een groot gebied. Het totale gebied wordt getoond in Figuur 4-6.



Figuur 4-6 De uitvoer van Pluimradar (depositie) van case 2. Door de variatie in de windrichting bestrijkt de depositie een groot gebied.

4.6.2 *Windruiming*

In deze case is de winddraaiing nog een extra aandachtspunt. In de praktijk kan een winddraaiing soms erg abrupt zijn, bijvoorbeeld bij een frontpassage. Binnen enkele minuten kan de wind dan sterk van richting veranderen. Pluimradar werkt met 3-uurlijkse data. Tussentijdse uren worden simpelweg geïnterpoleerd met als gevolg dat een winddraaiing in de applicatie nooit zo abrupt kan plaatsvinden als die in de werkelijkheid gebeurt.

4.7 Opgedane ervaringen

Bij het testen met de synthetische dataset wordt een model zoals Pluimradar zeer intensief beoordeeld op een wijze die in de dagelijkse praktijk niet snel voorkomt. Hiermee zijn deze testen een waardevolle aanvulling op een selectie aan verschillende weersituaties. Maar ook de bekeken weersituaties leverden veel informatie over aspecten van Pluimradar op, waar in de dagelijkse praktijk rekening mee moet worden gehouden. Doordat de synthetische testen bijvoorbeeld het effect van een lage menkhoogte op een Pluimradarberekening isoleert, is het eenvoudig om van tevoren aan te geven welke uitvoer verwacht wordt. Het is natuurlijk mooi als de uitvoer klopt met de verwachte verspreiding, maar in de gevallen dat de verwachte verspreiding niet klopte met de Pluimradaruitvoer, was dit ook vaak zeer leerzaam.

Een mooi voorbeeld hiervan is de weersituatie met een frontpassage. Deze testcase heeft laten zien dat tijdsresolutie van de meteorologische invoervelden zoals die door Pluimradar gebruikt worden lager is dan de tijdsresolutie van de meteorologische informatie die bij het KNMI beschikbaar is. Het weermodel maakt elke drie uur een analyse van het weer en op basis van die analyse worden verwachtingen gemaakt tot een periode van 48 uren vooruit. Deze verwachtingen zijn met een uurlijkse tijdsresolutie beschikbaar, maar zijn op het RIVM beschikbaar met een drie-uurlijkse resolutie. Bij een scherpe overgang tussen twee luchtsoorten, zoals bij een frontpassage, wordt het precieze moment van de passage gemist, wat een effect heeft op de berekende pluimrichting.

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Conclusies

Versie 0.9 van Pluimradar is geverifieerd door een aantal acceptatietesten uit te voeren. De uitgevoerde testen geven vertrouwen in de juistheid en consistentie van de resultaten van Pluimradar. De twee cases uit hoofdstuk 4 laten zien dat tijdens bepaalde meteorologische omstandigheden consultatie van de veiligheidsmeteoroloog nodig is. Voor complexe situaties of kwantitatieve berekeningen is het raadzaam om het RIVM in te schakelen.

Pluimradar 0.9 is daarom geschikt om gebruikt te worden als kwalitatief verspreidingsmodel tijdens incidenten met gevaarlijke stoffen.

5.2 Aanbevelingen

Uit de acceptatietesten, gebruikerservaringen en het ontwikkeloverleg KNMI-RIVM zijn de volgende aanbevelingen te benoemen:

1. Revisie gebruik meteorologische data voor ongevallen:
 - Voor de onderste 2 à 3 km van de atmosfeer alle beschikbare modellagen van het weermiddel gebruiken. Dit dient via de SLA (Service Level Agreement) aangepast te worden na overleg met de betrokken experts. Dit is in principe een kleine wijziging in de keten van componenten. Toch verdient het aanbeveling om de effecten van deze wijziging met de hier beschreven acceptatietesten te toetsen.
 - De tijdsresolutie van de bij het RIVM beschikbare meteorologische invoer gelijkstellen met de tijdsresolutie die bij het KNMI operationeel beschikbaar is. Dat wil zeggen de tijdsresolutie van de prognostische velden ophogen naar een uurlijkse resolutie. Ook hier geldt dat dit via een SLA geregeld moet worden.
2. Acceptatietesten zoals in dit rapport beschreven zijn, uitvoeren bij elke grote wijziging. De acceptatietesten kunnen het beste gezamenlijk door het RIVM en het KNMI uitgevoerd en besproken worden.
3. Formaliseren beheer, onderhoud en doorontwikkeling Pluimradar.

6 Referenties

Kooi, E.S., Boot, H., Geertsema, G.T., "Verbeteringsmogelijkheden voor effectberekeningen bij chemische calamiteiten", NMDC, Luchtkwaliteit en Externe Veiligheid Eindrapport werkpakket 4.2, versie 2.2 19 juni 2012.

Wengert, A., "JRodos: An off-site emergency management system for nuclear accidents", Karlsruhe Institute for Technology (KIT), version 2017.

7 Bijlage – parameters Pluimradar 0.9

Er zijn diverse instellingen die niet zichtbaar zijn voor de eindgebruiker. Voor de in dit rapport beschreven versie van Pluimradar zijn de gemaakte keuzes opgenomen in Tabel 7-1.

Tabel 7-1 Versies Pluimradar, meteo- en verspreidingsmodel en enkele belangrijke parameters

Instelling	standaard
Meteorologisch model	Hirlam v 7.4
Verspreidingsmodel	NPK Puff v. 7.1.0
Pluimradar model	Pluimradar v.0.9
Reken tijdstap	2 minuten
Uitvoer tijdstap	10 minuten
Horizontale resolutie	1 km
Aantal gridpunten	325x325
Afkapgrens berekeningen	20 km

Ook in NPK-PUFF zijn een aantal standaardinstellingen (default waarden) gekozen. Deze zijn mede bepalend voor de uiteindelijke gegenereerde pluimen in de verificatie en de belangrijkste worden daarom in Tabel 7-2 opgenomen.

Tabel 7-2 Enkele standaardinstellingen voor NPK-PUFF

Grootheid	Standaardwaarde
Warmteinhoud	0 MW
Standaarddeviatie initiële wolkbreedte	20.0 m
Standaarddeviatie initiële wolkhoogte	20.0 m
Radionuclide gebruikt als 'reken'-nuclide	Cs-137
Uitregencoëfficiënt menglaag	$1.11 \cdot 10^{-5}$
Uitregencoëfficiënt reservoirlaag	$7.0 \cdot 10^{-5}$
'Canopy'-weerstand	500.0 s m^{-1}
Totale geloosde activiteit	$1e15 \text{ Bq}$

De meteorologie die bij de verspreidingsberekeningen gebruikt wordt is afkomstig van het weermodel HIRLAM (Ref: https://www.researchgate.net/publication/278962772_HIRLAM-5_scientific_documentation).

Met dit model analyseert het KNMI elke drie uur de weersituatie en maakt op basis van die analyse een verwachting voor het weer tot twee dagen vooruit. De verwachtingen worden met een uurlijkse resolutie gemaakt voor een gebied dat Noordwest-Europa bevat. De meteorologische modeluitvoer is beschikbaar op verschillende hoogtes, waarbij de verticale resolutie vlak boven de grond (en de zee) groter is dan hoger in de atmosfeer. Dit is nodig omdat de variatie in temperatuur, wind en andere meteorologische parameters in de onderste honderden meters boven de grond veel groter is dan hoger in de atmosfeer.

De atmosfeer wordt gekenschetst door veel parameters, zoals druk, temperatuur, wind, vocht, latente warmte, enzovoorts. Met een hoge horizontale en verticale resolutie worden de bestanden waarin de verwachtingen worden weggeschreven zeer groot. Voor de operationele levering van meteorologische velden is daarom een keuze gemaakt. De bestanden die operationeel geleverd worden aan het RIVM ten behoeve van Pluimradar zijn beschreven in Tabel 8-1.

Tabel 8-1 De HIRLAM-velden die beschikbaar zijn voor de verspreidingsberekening. De parameter namen zijn ontleend aan de HARMONIE-documentatie. Velden die geaccumuleerd zijn vanaf het begin van de verwachting zijn: de precipitation, en de flux velden (respectievelijk 61, 62, 63, 117, 121, 122, 124 en 125). De bestanden bevatten velden op een vaste hoogte en op modelniveaus (ml): 11, 24, 32, 34, 37, 40, 44, 48, 51, 55, 57, 58, 59, 60. Modelniveau 60 ligt het dichtst bij het aardoppervlak.

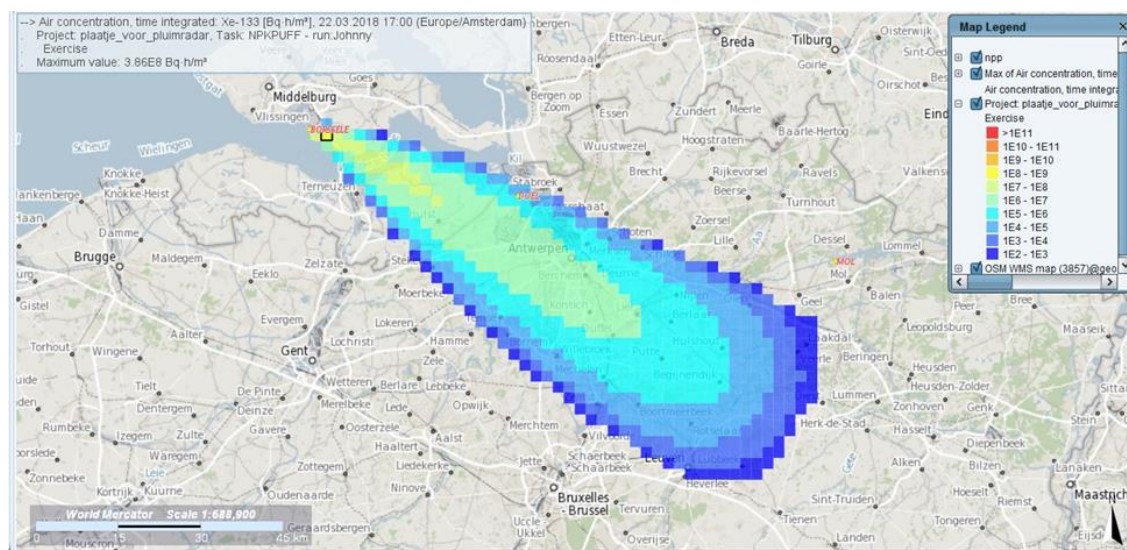
GRIB				
Par	Code	Name		[m]
1	pres	Pressure		0
6	z	Geopotential		0
11	t	Temperature (sfc & msl)		0
33	10u	10 metre U wind component		10
34	10v	10 metre V wind component		10
51	q	Specific humidity		2
61	tp	Total precipitation		0
62	lsp	large scale precipitation		0
63	acpcp	Convective precipitation		0
66	sde	Snow depth		0
67	mld	Mixed layer depth		0
71	tcc	Total Cloud Cover		0
83	sr	Surface roughness		0
84	al	Albedo		0
81	lsm	Land-sea mask		0
86	sm	Soil Moisture		0
91	icec	Ice cover (1=ice, 0=no ice)		0
117	grad	Global radiation flux		0
121	lhf	Latent heat flux		0
122	shf	Sensible heat flux		0
124	uflx	Momentum flux, u-component		0
125	vflx	Momentum flux, v-component		0
6	z	Geopotential		ml
11	t	Temperature		ml
33	u	U wind component		ml
34	v	V wind component		ml
39	w	Vertical velocity		ml
51	q	Specific humidity		ml
71	tcc	Total Cloud Cover		ml
76	cwat	Cloud water		ml
200	Tke	Turbulente kinetische energie		ml

NPK-PUFF is ontwikkeld door RIVM en KNMI en wordt gebruikt voor nucleaire calamiteiten en calamiteiten waarbij radioactiviteit vrijkomt. Het is het huidige operationele model voor het Radiologisch en Gezondheidskundig Expertise Netwerk (RGEN) binnen het "Crisis Expert Team straling en nucleair" (CETsn) en is beschikbaar binnen de webomgeving voor radiologische calamiteiten (CALWEB) van KNMI en RIVM. NPK-PUFF is daarvoor ingebed in het "decision support" systeem jRODOS (Wengert, 2017). NPK-PUFF kan daarnaast ook stand-alone op PC's gedraaid worden. Voor deze operationele toepassing is de koppeling met weergegevens van het KNMI (HIRLAM) en het European Centre for Medium range Weather Forecasts (ECMWF) geautomatiseerd. Relevante achtergronddata zoals kaarten voor de land-zee-overgang, terreinruwheid en zonlichtweerkaatsing zijn aan het model gekoppeld.

Het model is een "Lagrangian puff"-model waarbij het vrijkomen van (radioactieve) stoffen wordt gesimuleerd door het loslaten van meerdere "lozingswolken". Voor deze wolken wordt de verplaatsing (driedimensionaal) met korte tijdstapjes gesimuleerd op basis van de plaats- en tijdsafhankelijke weersituatie (windrichting, windsnelheid). Daarbij wordt verondersteld dat het transport passief is (de dichtheid en de snelheid van de wolk is gelijk aan de dichtheid en snelheid van de omringende lucht). De horizontale en verticale diffusie door atmosferische turbulentie wordt bepaald met twee diffusiecoëfficiënten (σ_y en σ_z) waarvan de grootte wordt afgeleid van de (plaats- en tijdsafhankelijke) stabiliteit van de atmosfeer. Doordat de horizontale en verticale diffusie verschillen, groeit een wolk horizontaal anders uit dan verticaal. Daarbij is het voor de groei relevant of de wolk zich in de turbulente menglaag bevindt of daarboven. Als een wolk te groot wordt dan wordt deze gesplitst. In het bijzonder kan een pluim zich hierdoor vertakken omdat de luchtstroming varieert met locatie en hoogte.

NPK-PUFF modelleert tevens de depositie van aerosolen door neerslag (natte depositie) en door interactie met de bodem (droge depositie). Omdat de mate van depositie sterk afhankelijk is van de deeltjesgrootte en de chemische eigenschappen van de vrijgekomen stof, dienen depositieresultaten als indicatief beschouwd te worden.

Als invoer wordt een lozing opgegeven als een puntbron of een Gaussische wolk (een bol met een driedimensionaal Gaussisch intensiteitsprofiel). De bronterm kan variëren in de tijd (bijvoorbeeld per minuut) en wordt handmatig ingevoerd of uitgelezen uit ascii-bestanden. Bovendien kan NPK-PUFF specifiek voor de verspreiding van radioactiviteit een schatting van de opgelopen stralingsdoses berekenen. Verschillende blootstellingspaden kunnen worden beschouwd, zoals inhalatie, externe bestraling in de pluim en externe bestraling vanuit gedeponeerd materiaal.



Figuur 9-1 Een voorbeeld van een berekening met NPK-PUFF in het decision support systeem jRODOS: over tijd geïntegreerde luchtconcentratie van radioactiviteit.

Dit is een samenwerking tussen:



Koninklijk Nederlands
Meteorologisch Instituut
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

mei 2018