

# Hirlam 11 km. windanalyses/prognoses

beschrijving van WP1 van  
windprognoses op kleine ruimtelijke  
schalen door KNMI

Project:

NAUTILUS

Werkdocument:

RIKZ/OS/2000.155x



In opdracht van:

Directie Noordzee  
Directie Zuid-Holland  
Directie Zeeland  
Directie Noord-Holland  
Gemeentelijk Havenbedrijf Rotterdam  
Meetstrategie 2000+

## Hirlam 11 km. windanalyses/prognoses

beschrijving van WP1 van windprognoses op kleine  
ruimtelijke schalen door KNMI

Project:	NAUTILUS
Werkdocument:	RIKZ/OS/2000.155x
Datum:	november 2000
Auteur:	A.J.M. Jacobs (KNMI)
Begeleid door:	M.E. Philippart

## **Inhoudsopgave**

### **1. Inleiding**

### **2. Doelstelling van werkpakket 1.**

### **3. Wind- en drukanalyses van HiRLAM en XHiRLAM (tbv. het forceren van maritieme modellen)**

- 3.1 HiRLAM 11 km algemeen
- 3.2 Beschrijving van HiRLAM 11 km voor de reproductie van stormen
- 3.3 Verificatie van HiRLAM en XHiRLAM
  - 3.3.1 Veldverificatie
  - 3.3.2 Puntverificatie
- 3.4 Operationele levering XHiRLAM

### **4. De levering van historische stormen (HiRLAM 11 km wind- en drukanalyses)**

- 4.1 Inleiding
- 4.2 Beschrijving van de geleverde stormperioden
- 4.3 Bespreking van de gebiedsverificatieresultaten van de geleverde stormen

### **5. Conclusies en aanbevelingen**

## **Referenties**

## **Appendix**

- A1 Figuur windmeetlocaties tbv. puntverificatie
- A2 Figuur verificatiegebieden HiRLAM en XHiRLAM
- A3 Grafische presentatie van de gebiedsverificatieresultaten van HiRLAM en XHiRLAM

## 1. Inleiding

Het project NAUTILUS van het RIKZ heeft als taak om de eindgebruikers van Rijkswaterstaat te voorzien van een cascade van waterbewegingsmodellen, waarmee op zowel de grote schalen (Noordzee) als de kleine schalen (estuaria en aansluitende binnenwateren) verwachtingen in tijd en ruimte kunnen worden gemaakt van waterstanden (getij en windopzet), stroomsnelheden en saliniteit. Een grootschalig model zoals WAQUA/CSM8 wordt gebruikt voor het verwachten van de waterstanden op het Continentaal Plat. Voor het berekenen van de windopzet wordt het model aan het oppervlak geforceerd met ruimtelijk variabele wind- en drukvelden geleverd door het KNMI. In kleinschaligere modellen, zoals het Westerschelde-model dat bij het HMCZ wordt gebruikt voor het berekenen van de waterstanden in de Westerschelde, wordt nog voornamelijk gebruik gemaakt van uniforme wind- en drukvelden. Het doel van het project '**Windprognoses op kleine ruimtelijke schalen**' is om ook op deze kleine schalen ruimtelijk variabele wind- en drukvelden te genereren voor de diverse maritieme toepassingen.

In het kader van dit project is door het KNMI in een plan aan de hand van een aantal stappen beschreven hoe we voor de eindgebruikers van Rijkswaterstaat een techniek kunnen ontwikkelen waarmee we windprognoses nauwkeurig kunnen beschrijven boven een wateroppervlak van kleine afmetingen. In deze rapportage beschrijven we de eerste stap in het project. Deze stap voorziet in de levering van historische en (in een later stadium) real-time gegevens uit de diverse en beschikbare HiRLAM atmosfeermodellen op het KNMI. Omdat de wind- en drukprognoses voornamelijk worden gebruikt voor het forceren van maritieme modellen, zoals bij het waterstandsmodel WAQUA, worden deze prognoses in het kader van dit project gegenereerd op het rooster van WAQUA-CSM8.

Het huidige operationele atmosfeermodel van het KNMI (HiRLAM) heeft een resolutie van 55 km en is daarom niet geschikt om gedetailleerde wind- en drukprognoses te leveren op ruimtelijke schalen van enkele tot tientallen km. Op dit moment wordt een 11 km versie van het HiRLAM voorbereid en gevalideerd voor haar inzet bij het forceren van maritieme modellen, zoals die welke gebruikt worden voor o.a. het simuleren van golven, waterstanden en stromingen. Deze mesoschaal HiRLAM versie wordt uiterlijk in 2001 operationeel ingezet. Voor binnenmeren met een redelijke omvang, in de orde van 10 tot 20 km, en in kustgebieden betekent dit een belangrijke vooruitgang. Voor toepassingen boven estuaria en binnenwateren zoals de Westerschelde is dit een goede eerste stap.

## 2. Doelstelling van werkpakket 1.

In dit werkpakket worden voor een aantal geselecteerde historische perioden wind- en drukanalyses geleverd van het HiRLAM 11 km model. De levering betreft in eerste instantie een test dataset zodat de gebruiker alvast ervaring kan opdoen met het gebruik van HiRLAM 11 km voor het forceren van diverse maritieme modellen. De test dataset is rechtstreeks afkomstig uit het archief van het KNMI. Vervolgens is er binnen de infrastructuur van het KNMI een systeem ontworpen en geïmplementeerd waarmee voor een aantal historische perioden wind- en drukanalyses van HiRLAM 11 km kunnen worden gereconstrueerd. Hiermee kan op afroep een historische storm snel worden gereconstrueerd en geleverd. In overleg met de NAUTILUS leden zijn een 5-tal

stormperiodes geselecteerd waarvan vervolgens de HiRLAM 11 km analyses zijn gereproduceerd en geleverd. Voor de vergelijking zijn ook telkens de HiRLAM 55 km analyses gereproduceerd en geleverd. Bij alle geleverde modeldata zijn telkens de verificatie resultaten van de wind- en drukvelden toegevoegd in de vorm van ascii tabellen. Daarnaast wordt in een korte rapportage de gevolgde methode van verificatie beschreven, de onderscheiden verificatiegebieden, en de gebruikte waarnemingen voor de verificatie. De gekozen verificatie grootheden zijn o.a. de gemiddelde fout (**bias**) en de root mean square error (**rms**) waaruit de spreiding in de fout (**sd**) kan worden afgeleid.

Uit ervaring weten we dat een waterstandsmodel, zoals WAQUA, een dag of 5 nodig heeft voor de spin-up met meteo, en daarom vereist dit voor een geselecteerde storm die zich uitstrekt over een periode van twee dagen de reconstructie van de wind – en drukvelden over een periode van ongeveer een week. Op het KNMI is in het kader van dit project de beschikbare rekencapaciteit en data opslagcapaciteit uitgebreid zodat een week aan HiRLAM 11 km analyses binnen een doorlooptijd van één week kan worden gereconstrueerd. Alle analyses worden vervolgens geïnterpoleerd op het rooster van WAQUA-CSM8.

Om vooraf een indruk te krijgen in de kwaliteit van HiRLAM 11 km in het algemeen, en in de kwaliteit van het model t.a.v. wind- en drukanalyses in het bijzonder, verwijzen we de lezer naar de ASWAN rapportage (zie Tijm en Wu, juni 2000). Daarnaast wordt de rapportage van werkpakket 1 aangevuld met extra informatie over een aantal geleverde stormen. Ook wordt er een extra storm geleverd, namelijk de storm van 28 mei 2000. Van deze extra storm wordt een uitgebreide beschrijving gegeven van de verschillen tussen HiRLAM 55 km en HiRLAM 11 km tijdens die storm. De gebiedsverificatieresultaten t.a.v. de analyses van de windsnelheid, voor de geselecteerde stormperiodes, worden aan het einde van deze rapportage besproken.

De standaard verificatie van de HiRLAM wind- en drukvelden betreft de vergelijking van de output in roosterpunten met beschikbare dichtstbijzijnde waarnemingen. De analyses van iedere historische HiRLAM 11 km run worden voorzien van kwaliteitsgetallen van de verificatie op veldniveau, zoals voorafgaand beschreven. Daarnaast wordt een bestaand verificatiesysteem op het KNMI zodanig aangepast, dat in de toekomst aan specifieke historische gegevens routinematig de kwaliteitsgetallen van de verificatie van HiRLAM 11 km, in een bestaande set puntlocaties, wordt toegekend.

De inzet van HiRLAM 11 km voor real-time toepassing is gepland in 2001. In 2000 worden hiervoor alvast een aantal voorbereidingen getroffen. Het belang van deze voorbereidingen voor het NAUTILUS project betreft met name de tuning van het model om de wind in de kustzone zo goed mogelijk te krijgen. De eerste resultaten na tuning van de primaire HiRLAM 11 km versie treft U aan onder de geleverde 5 stormen.

In 2001 gaan we naast analyses van HiRLAM 11 km ook verwachtingen leveren. De HiRLAM run wordt in 2001 periodiek elke 3 uur uitgevoerd op een rooster dat CSM8 omvat, en de verwachting heeft een maximale voorspeltijd van 12 uur. Op dit moment levert de 11 km versie de windsnelheid en windrichting op 10 m, en de druk op het gemiddelde zeeniveau, en dit alles wordt beschikbaar gesteld met een tijdsresolutie van

1 uur. In 2001 gaan we als output naast de oppervlakte wind ook de oppervlakte fluxen, zoals de windstress, leveren.

Voor on-line monitoring van de kwaliteit van de real-time analyses en verwachtingen in een aantal geselecteerde puntlocaties zijn inmiddels al een aantal regelingen getroffen binnen het verificatiesysteem van het KNMI wat normaal voor dit type APL producten wordt gebruikt. Hier is rekening gehouden met de wensen van de leden van het NAUTILUS team. Kwaliteitsgetallen van de verificatie in een aantal puntlocaties worden dan vanaf 2001 als standaard output van het atmosfeermodel gegenereerd.

### **3. Wind- en drukanalyses van HiRLAM en XHiRLAM (tbv. het forceren van maritieme modellen)**

#### **3.1 HiRLAM 11 km algemeen**

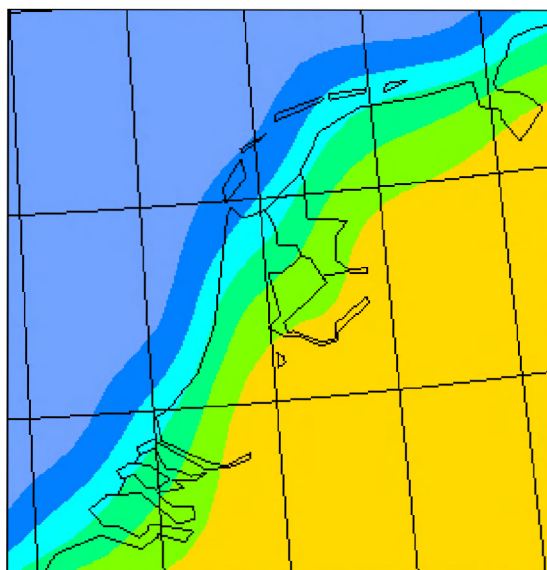
Het HiRLAM is een korte termijn weersverwachtingmodel dat op het KNMI operationeel wordt gebruikt voor het maken van weersverwachtingen tot 48 uur vooruit. Het operationele model bestrijkt een gebied dat in het westen tot aan de Canadese oostkust reikt en in het oosten tot aan de Oeral; in het noorden loopt de grens over de noordpool en in het zuiden over de Sahara.

Over dit gebied worden de "primitieve vergelijkingen" van de atmosfeer fysica uitgerekend op een resolutie van 0.5x0.5 graad. Deze horizontale resolutie komt op het gekozen rekengebied overeen met een grid waarbij de roosterpunten ongeveer 55 kilometer uit elkaar liggen.

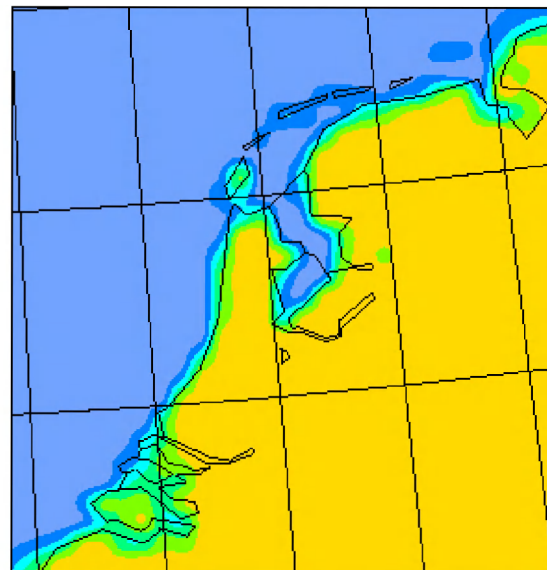
Sinds november 1998 wordt hierin een versie van het HiRLAM "genest" met een resolutie van 0.1x0.1 graad en een gebied dat zich uitstrekt van de Ierse westkust tot voorbij Denemarken in het oosten; de noordgrens ligt op 62 graden NB en de zuidgrens rond 48 graden NB. Dit 0.1x0.1 graads HiRLAM rekt tot 12 uur vooruit. Deze versie is een 11 km versie van het HiRLAM en wordt ook wel XHiRLAM, genoemd. De X in XHiRLAM staat voor eXtra terwijl HiRLAM High Resolution Limited Area Model betekent.

De figuren op de volgende pagina geven weer waarom XHiRLAM een verbetering kan zijn ten opzichte van HiRLAM. Ze geven de land-zee maskers van de twee modelversies. De contouren geven het percentage land dat zich in een modelbox bevindt. Blauw is meer dan 90% water, geel meer dan 90% land. De hogere resolutie van XHiRLAM komt duidelijk tot uiting in deze plaatjes. De land-zee overgangen zijn veel duidelijker in XHiRLAM. Een van de opvallende verschillen is het IJsselmeer. In HiRLAM is dit niet meer dan een lichte golfing in de contouren, terwijl in XHiRLAM nog een aantal waterpunten (meer dan 90% water) terug te vinden zijn.

Land/sea mask HiRLAM

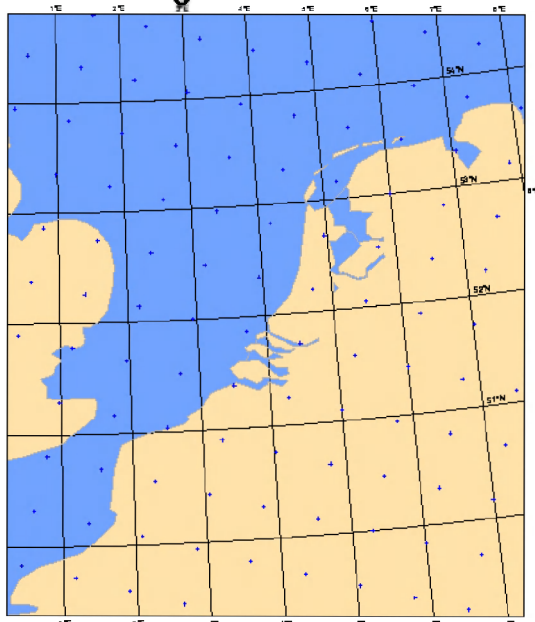


Land/sea mask XHiRLAM

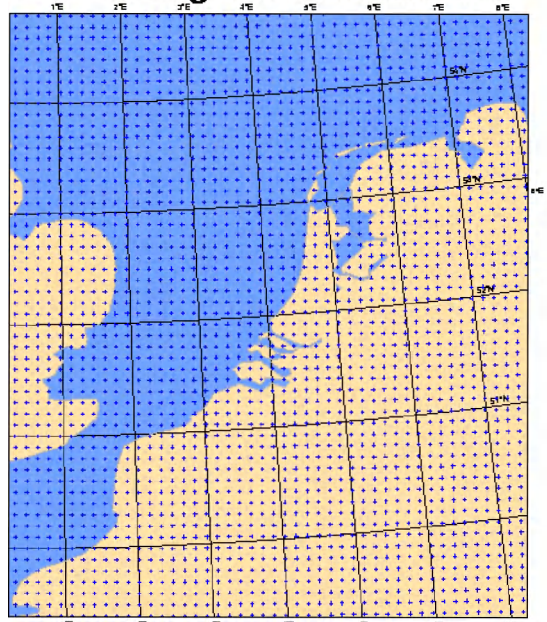


In onderstaande twee figuren laten ook de grids van HiRLAM en XHiRLAM duidelijk zien waarom XHiRLAM een aantal dingen beter kan oplossen dan HiRLAM. Voor het IJsselmeer heeft HiRLAM bijvoorbeeld geen representatieve punten terwijl XHiRLAM minimaal twee waterpunten (in de W-O richting) heeft. De kust is in XHiRLAM ook veel scherper gedefinieerd waardoor fenomenen zoals kustconvergentie en zeewind beter opgelost kunnen worden. Kustconvergentie ontstaat doordat het windveld wordt geforceerd als gevolg van verschillen in de oppervlakteruwhoed. Zeewind is een lokale circulatie die in de buurt van het aardoppervlak van de zee naar het land waait, terwijl de grootschalige stroming boven de zeewindlaag aflagdig is. Zowel de kustconvergentie als het zeewind fenomeen zijn van belang voor NAUTILUS omdat ze vaak gepaard gaan met hevige buien en windstoten.

. HiRLAM grid Nederland e.o. .



. XHiRLAM grid Nederland e.o. .



Omdat het land-zee masker veel beter door XHiRLAM opgelost wordt, is ook de forcering aan het oppervlak in het hoogste resolutie model veel realistischer. Door het vrijwel wegvallen van het IJsselmeer in HiRLAM is daar bijvoorbeeld de wind vaak ook veel zwakker dan in werkelijkheid en in het XHiRLAM. Land is namelijk veel ruwer dan water waardoor de lucht nabij het oppervlak boven land veel meer wordt afgeremd dan boven water. Deze verschillen kunnen van groot belang zijn als de wind uit het model bijvoorbeeld gebruikt wordt als input voor een golfmodel boven het IJsselmeer of voor een waterstandsmodel in de Nederlandse kustzone.

Een tweede voordeel van het beter oplossen van de land-water overgangen is dat de verschillen in forcering, bijvoorbeeld de opwarming van de lucht overdag in de zomer, veel scherper zijn. Hierdoor kunnen allerlei mesoschaalcirculaties zich veel beter ontwikkelen in XHiRLAM dan in HiRLAM. Een voorbeeld is de hierboven genoemde zeewindcirculatie. Zeewindcirculatie gaat vaak gepaard met stormachtige situaties waarbij het windveld scherpe gradienten vertoont. In HiRLAM zie je die bijna nooit terug in de tijdseries van bijvoorbeeld een roosterpunt in de buurt van Scheveningen. XHiRLAM laat wel regelmatig een zeewindcirculatie ontwikkelen. Een voorbeeld van een dergelijke zeewindcirculatie is bijv. terug te vinden in de bui die op 20 juni 2000 ontstond ten oosten van Rotterdam. Deze bui was het gevolg van convergentie op het zeewindfront dat ervoor zorgde dat de lucht in de grenslaag onstabiel kon worden. Een indicatie voor de zeewind zat niet in HiRLAM maar wel in de hoge resolutie XHiRLAM. Tijdens de bui ontstond er een windsprong (een scherpe gradient in het windveld) nabij Rotterdam. Een nauwkeurige beschrijving van scherpe gradienten in het windveld is van belang voor tal van maritieme applicaties en dus voor het NAUTILUS project.

Naast de effecten bij land-zee overgangen verwachten we ook dat de hogere resolutie ervoor zorgt dat kleine storingen (mesoschaal, doorsnede 300 kilometer of kleiner) beter door het model opgelost worden. De details van dit soort storingen kunnen door het huidige model vaak niet goed genoeg worden opgelost waardoor er bijvoorbeeld te weinig wind is rond zo'n storing of dat er te weinig neerslag valt. Een voorbeeld van een kleinschalige storing die we beter met XHiRLAM hopen te kunnen oplossen is de storm van 3 december 1999 die in het kader van dit project is geleverd.

### **3.2 Beschrijving van Hirlam 11 km voor de reproductie van stormen**

#### ***Nesting***

Om een weersverwachtingsmodel op een beperkt gebied te kunnen laten rekenen, is het nodig aan de randen van dat gebied de voorspelde grootheden voor te schrijven. Bij het operationele 0.5x0.5 graads HiRLAM gebeurt dit door gegevens van het mondiale model van het Europees Centrum voor Middellange Termijn Weersverwachtingen (ECMWF) te gebruiken.

Het 0.1x0.1 graads HiRLAM wordt van randgegevens voorzien door het operationele 0.5x0.5 graads HiRLAM.



### **Hindcasting**

In het kader van het NAUTILUS-KNMI project worden van een aantal historische stormen de HiRLAM 0.5x0.5 en 0.1x0.1 resultaten nagerekend, om daarmee diverse maritieme modellen aan te drijven.

Hiervoor moet het volgende gebeuren:

- Uit het archief van het ECMWF moeten die gegevens gehaald worden, die nodig zijn om als randgegevens voor het 0.5x0.5 graads HiRLAM te dienen. Het betreft hier gegevens mbt. de wind, het vocht, de temperatuur en de geopotential hoogte.
- Tevens moeten waarnemingen voor elke 3 uren analyse uit het ECMWF archief gehaald worden.
- Daarna berekent het 0.5x0.5 graads HiRLAM een verwachting met een maximale verwachtingstermijn van 18 uur - dat is namelijk voldoende voor het genereren van de randgegevens voor het 0.1x0.1 graads HiRLAM.
- Tenslotte kan dan ook het 0.1x0.1 graads HiRLAM een verwachting gaan berekenen.

Beide versies van HiRLAM kennen een 3 uren analyse cyclus - met het 0.5x0.5 graads HiRLAM wordt echter maar eens in de 6 uur een lange verwachting gemaakt, i.e. tot 48 uur vooruit. Daartussen in worden verwachtingen gemaakt tot 6 uur vooruit. In de operationele opzet wordt er 2 uur gewacht tot de waarnemingen binnen zijn voor het 0.5x0.5 graads HiRLAM en 1 uur voor het 0.1x0.1 graads HiRLAM (het betreft een kleiner gebied).

Schematisch ziet dat er als volgt uit:

Tijdas: 00	01	02	03	04	05	06 uur UTC
		0.5x0.5 HiRLAM			0.5x0.5 HiRLAM	
		(00 uur UTC run)			(03 uur UTC run)	
	0.1x0.1 HiRLAM			0.1x0.1 HiRLAM		
	(00 uur UTC run)			(03 uur UTC run)		

In bovenstaand schema geeft de eerste regel de tijdas weer, de tweede regel geeft aan wanneer een HiRLAM 0.5x0.5 run wordt opgestart, en tenslotte geeft de derde regel aan wanneer een HiRLAM 0.1x0.1 run wordt opgestart. Van beide HiRLAM versies (0.5x0.5 én 0.1x0.1) wordt iedere drie uur een analyse en forecast gemaakt. De randgegevens voor het 0.5x0.5 graads HiRLAM worden afgeleid uit de ECMWF gegevens van de 12 uur UTC run van de vorige dag, die voor het 0.1x0.1 graads HiRLAM om 00 uur UTC uit die van het 0.5x0.5 graads HiRLAM van de 18 uur UTC run van de vorige dag, en die voor het 0.1x0.1 graads HiRLAM om 03 uur UTC uit die van het 0.5x0.5 graads HiRLAM van de 00 uur UTC run.

### 3.3 Verificatie HiRLAM en XHiRLAM

#### 3.3.1 Veldverificatie

Standaard wordt de uitvoer van elke run van het HiRLAM geverifieerd tegen waarnemingen. Hiertoe is het voor Nederland interessante gemeenschappelijke gedeelte van de beide HiRLAM gebieden opgedeeld in een aantal deelgebieden. Per gebied worden voor de grootheden "druk op zeeniveau" en "wind op 10 meter hoogte" de gemiddelde afwijking en de "root mean square" fout bepaald.

Voor de toepassing waar deze hindcast voor bedoeld is zijn met name de volgende gebieden van belang (zie ook figuur A2.1 in appendix A2):

*Noordelijke Noordzee:* Tussen 55 en 61 graden NB en 1.5 graad WL en 9 graad OL.  
*Zuidelijke Noordzee:* Tussen 55 en 57 graden NB en 1.5 graad WL en 9 graad OL, plus de driehoek van 55 graden NB naar 51 graden NB.  
*Ierse Zee / Ierland en Engeland:* Tussen 50 en 55.5 graden NB en 11 graad WL en 2 graad OL.  
*Nederland "plus":* Tussen 51 en 55 graden NB en 1.5 graad OL en 9 graad OL.

Zowel het HiRLAM als het XHiRLAM heeft een 3 uren analyse cyclus. Hierdoor worden bij de reproductie van één dag aan modelgegevens de analyses geleverd op een 3 uurlijkse basis en wel om 0000, 0300, 0600, 0900, 1200, 1500, 1800 en 2100 uur UTC. Onderstaand wordt een voorbeeld van de verificatie van zo'n analyse gegeven. In het voorbeeld is de analyse van 1500 uur voor het HiRLAM (LAMH\_LFM1500). De corresponderende XHiRLAM tabel heet LAMH\_XHR1500. Het voorbeeld is afkomstig van de gereproduceerde storm van 20 december 1991. In het voorbeeld zijn alle gegevens die voor dit project niet belangrijk zijn weggelaten.

#### LAMH\_LFM1500

identification						pmsl			10m wind : ff				dd			vectordiffer			
YYymmdd	from	to	are	obs	fp	n	bias	rms	n	bias	rms	max	n	bias	rms	n	rms	max	
19911220	1500	1500	IrE	SFC	000	119	9	53	137	1.3	3.2	-9	137	-1	13	137	4.1	15	
19911220	1500	1500	NNS	SFC	000	35	22	102	37	-0.6	3.7	-9	36	1	13	36	5.6	15	
19911220	1500	1500	SNS	SFC	000	22	17	92	23	-0.9	4.0	-9	23	2	12	23	5.7	15	
19911220	1500	1500	Nt+	SYN	000	30	7	41	31	-0.6	2.8	-8	31	-1	11	31	3.5	8	

In het bovenstaande voorbeeld is de betekenis in de eerste kolom als volgt:

YYymmdd: datum van Hirlam analyse (datum = Yyyymmdd)  
 From: analyse uur-minuut van de Hirlam run (HHmin in 4-digits)  
 To: analyse uur-minuut van de Hirlam run (HHmin in 4-digits)  
 Are: gebied van verificatie  
 IrE → Ierse zee, Ierland en Engeland  
 NNS → Noordelijke Noordzee  
 SNS → Zuidelijke Noordzee  
 Nt+ → Nederland plus omgeving (boven land)

obs: De waarnemingen die gebruikt zijn bij de gebiedsverificatie zijn van het type:

- SFC (surface) → Scheepswaarnemingen (SHIP) en Synoptische waarnemingen (SYNOP).  
 SYN → Synoptische waarnemingen (SYNOP).

De scheepswaarnemingen worden uitgevoerd langs scheepsroutes en de synoptische waarnemingen zijn afkomstig van het meetnet Noordzee.

De overige parameter in de tabel is:

fp = voorspeltermijn (000 voor een analyse)

De verificatie gegevens in de tabel hebben betrekking op de druk en de wind. De eenheden in de tabel zijn Pascal voor de druk, m/s voor de windsnelheid en graden voor de windrichting. Het vectorverschil van de wind heeft de eenheid m/s.

De fout in alle meteorologische parameters is gedefinieerd als:

$$\text{error} = \text{model} - \text{observation}$$

1. *pmsl* = mean sea level pressure groep (eenheid Pascal)  
 met als verificatiegrootheden: *number of observations* | *bias* | *rms*
2. *10 m wind* = 10 m wind groep  
*ff* = de windsnelheid (eenheid m/s)  
 met als verificatiegrootheden:  
*number of observations* | *bias* | *rms* | *max. difference*  
*dd* = de windrichting (eenheid graden)  
 met als verificatiegrootheden:  
*number of observations* | *bias* | *rms*  
*vectordiffer* = windvector verschil (eenheid m/s)  
 met als verificatiegrootheden:  
*number of observations* | *rms* | *max. vector difference*

De gebiedsverificatieresultaten van de geleverde historische stormen worden in paragraaf 4.3 besproken.

### 3.3.2 Puntverificatie

Voor de aandrijving van diverse maritieme modellen (voor waterstanden, golven en stromingen) is zowel een on-line monitoring van de kwaliteit van de atmosferische druk -en windgegevens, als een verificatie achteraf, van belang. Het KNMI regelt dat enerzijds door verificatie op veldniveau (zie de veldverificatie in paragraaf 3.3.1) en anderzijds door monitoring en verificatie van de atmosferische gegevens in een aantal geselecteerde puntlocaties. Kwaliteitsgetallen van de verificatie op veldniveau worden als standaard output van het atmosfeermodel gegenereerd. Voor de puntverificatie (en monitoring) zijn in het kader van dit project een aantal verificatie locaties voor HiRLAM 11 km en het operationele HiRLAM 55 km geselecteerd. Voorlopig worden deze locaties alleen gebruikt voor het verifiëren en monitoren van de HiRLAM gegevens. Tbv. de maritieme toepassingen hebben die gegevens met name betrekking op de windsnelheid, de windrichting, en de druk op het gemiddelde zeeniveau. Een aantal van

deze locaties zijn inmiddels al toegevoegd aan een bestaand KNMI monitoring- en verificatiesysteem voor puntverificatie. De bedoeling is dat de geselecteerde locaties in de toekomst een rol gaan spelen bij het verifiëren van de windverwachtingen boven wateroppervlakken van kleine afmetingen. Bij de keuze van de locaties willen we op termijn steeds meer gaan inzoomen op de kleine wateroppervlakken. Voor NAUTILUS beperken we ons voorlopig tot de 'Meetnet Noordzee locaties', 'Kust locaties', en de 'Westerschelde locaties'. In appendix A1 vindt U een figuur (figuur A1.1) waarop de belangrijkste windmeetlocaties voor Nederland en de Nederlandse kust zijn aangegeven. De totale lijst met locaties die is geïnventariseerd voor NAUTILUS is als volgt:

<b>A1. Meetnet Noordzee locaties</b>
--------------------------------------

WMO-Nr.	Latitude	Longitude	Code	Naam	Type	Hoogte	pmsl	ddd	ff
06253	02.07	56.40		AUK	PL	34	X	X	X
06239	54.85	04.73	EHFD	F3	PL	0	X	X	X
06252	53.22	03.22	EHKA	K13	PL	30	X	X	X
06254	52.27	04.30	EHMP	Mp. Noordwijk	PL	17	X	X	X
06321	52.00	03.28	EHEP	Euro Platform	PL	18	X	X	X
06320	51.93	03.67	EHGO	Goeree LG	PL	19	X	X	X
62304	51.15	01.78		Sandettie	Vessel			X	X

*Opmerking: Van de locaties van het meetnet Noordzee wordt de wind herleid naar 10m en de druk naar het gemiddelde zeeniveau. Er wordt gemeten vanaf een platform (PL). Sandettie is een licht vessel van de UK MET Office en ligt in het Nauw van Calais.*

<b>A2. Kust locaties</b>
--------------------------

WMO-Nr.	Latitude	Longitude	Code	Naam	Type	Hoogte	pmsl	ddd	ff
06229	53.00	04.75		Texelhors	WP	1		X	X
06235	52.92	04.78	EHKD	De Kooy	A	0	X	X	X
06242	53.25	04.92	EHVL	Vlieland	C	4	X	X	X
06285	53.57	06.40		Huibertsgat	WP	0		X	X
06225	52.47	04.57		Ijmuiden	C	13	X	X	X
06330	51.98	04.10		Hoek van Holland	C	13	X	X	X
06312	51.77	03.62		Brouwershavens e gat (BG2)	WP	16.5		X	X
06277	53.42	06.18		Lauwersoog	AWS	3		X	X

*Opmerking: Van deze kust locaties wordt de wind herleid naar 10m en de druk naar het gemiddelde zeeniveau. Er wordt gemeten vanaf een wind meetpaal (WP), kuststation (C) of vliegveld (A). Op het moment van schrijven is Texelhors uit de lucht. De locatie BG2 is afkomstig van het Zeeuwse Getijdenwateren meetnet (ZeGe). Bij De Kooy wordt boven land gemeten, de rest zijn zeestations.*

<b>A3. Westerschelde locaties</b>
-----------------------------------

WMO-Nr.	Latitude	Longitude	Code	Naam	Type	Hoogte	pmsl	ddd	ff
06313	51.50	03.24		Vl. van de Raan	WP	16.5		X	X
06311	51.38	03.67		Hoofdplaat	WP	16.5		X	X
06315	51.45	04.00		Hansweert	WP	17.0		X	X

*Opmerking: Op deze locaties van het meetnet ZeGe wordt alleen wind gemeten vanaf een wind meetpaal (WP). De meetpaal van Hoofdplaat staat 500m uit de wal, die van Hansweert 150m. De Vlakte van de Raan is een echte Noordzee locatie in de monding van de Westerschelde. De windmetingen worden herleid naar 10m. Het meetpunt Vlissingen is hier niet meegenomen omdat, hoewel het een AWS betreft, er niet gemeten wordt op 10m én de wind ook niet herleid wordt naar 10m. Er zijn meerdere locaties van het ZeGe meetnet waarvan het KNMI de gegevens inwint, in totaal zijn dat er 9. Bovenstaande lijst betreft slechts een selectie langs de West-Oost richting van de Westerschelde.*

### Aanvullende locaties voor binnenwateren

Hieronder worden nog een tweetal andere wateren toegevoegd. Het betreft de Oosterschelde en het IJsselmeer. Beide locaties worden in een later stadium voor verificatie toegevoegd. Voor de Nieuwe Waterweg beperken we ons tot de meetlocatie Hoek van Holland (zie Kust locaties). Het station Rotterdam Geulhaven is minder geschikt omdat de wind waarnemingen daar niet worden gecorrigeerd tot 10m.

<b>B1. Oosterschelde locaties</b>
-----------------------------------

WMO-Nr.	Latitude	Longitude	Code	Naam	Type	Hoogte	pmsl	ddd	ff
06316	51.66	03.69		Noordzeezijde Schaar (OS4)	WP	16.5		X	X
06324	51.60	04.01		Stavenisse	WP	16.5		X	X
06331	51.48	04.19		Marollegat	WP	16.5		X	X

*Opmerking: Het gaat hier alleen om windmetingen van het meetnet ZeGe die in alle gevallen herleid worden tot 10m. De wind wordt gemeten vanaf een wind meetpaal. OS4 en Marollegat zijn meetpunten boven water. In Stavenisse staat de windmast op een dijk.*

<b>B2. IJsselmeer locaties</b>
--------------------------------

WMO-Nr.	Latitude	Longitude	Code	Naam	Type	Hoogte	pmsl	ddd	ff
06248	52.63	05.17		Wijdenes	WP	-1		X	X
06249	52.65	04.98		Berkhout	AWS	-3		X	X
06267	52.88	05.35		Stavoren	AWS	3		X	X

*Opmerking: Het gaat hier alleen om windmetingen, die in alle gevallen herleid worden tot 10m. In het zuiden van het IJsselmeer ligt het meetpunt Muiden. Dit is een MIVOS station waar uitsluitend wind en zicht wordt gemeten. Het MIVOS bericht betreft hier een bulletin dat weliswaar door de Real Time WaarNemingen DataBase (RTWNDB) wordt ingewonnen maar niet wordt uitgepakt. Dit betekent dat de metingen van Muiden ook niet via de RTWNDB kunnen worden aangesproken. Om een toegang via de database te realiseren zijn decodeerroutines van het MIVOS bericht nodig. De windmetingen van bovenstaande stations zijn afkomstig van een wind meetpaal (WP) of automatisch weerstation (AWS).*

### 3.4 Operationele levering XHiRLAM

De inzet van XHiRLAM voor real-time toepassingen, zoals het forceren van diverse maritieme modellen, is gepland in 2001. Daarvoor is een aanzienlijke uitbreiding van het operationele rekencluster en dan met name uitbreiding van de rekencapaciteit nodig. De kosten van een dergelijke uitbreiding zijn inmiddels goedgekeurd door het Management Team van het KNMI.

In 2001 zal XHiRLAM worden ingezet op het operationele rekencluster van het KNMI. Het is nog niet geheel duidelijk hoe het model operationeel wordt ingebed en welke andere modellen gaan draaien waar binnen de 11 km versie kan worden genest. Verwacht wordt dat de 55 km versie op termijn geheel gaat verdwijnen en dat die vervangen wordt door een 22 km versie. Die zal dan vervolgens de randen gaan leveren voor de 11 km run. Voorlopig kunnen we echter met zekerheid stellen dat de 11 km versie periodiek elke 3 uur wordt verversd en dat de maximale voorspeltijd minimaal 12 uur wordt. Het gebied waarover wordt gerekend bevat minimaal het CSM8 rekengebied. Als output wordt tbv. het forceren van maritieme modellen standaard de windsnelheid en windrichting op 10 m geleverd, alsmede de druk op het gemiddelde zeeniveau. Op termijn, en naar verwachting is dat eind 2001, zullen naast de oppervlakte wind ook de oppervlakte fluxen zoals de windstress rechtstreeks uit het atmosfeer model worden geleverd.

Voor on-line monitoring van de kwaliteit van de real-time analyses en verwachtingen is XHiRLAM inmiddels al voor een 7-tal locaties ingepast in een bestaand KNMI verificatiesysteem. Deze locaties zijn: K13, Goerree LG, IJmuiden, Hoek van Holland, BG2, Vlakte van de Raan, en Hoofdplaat. We kijken daarbij naar de open zee en we zoomen vervolgens in op de kustzone en de Westerschelde. In paragraaf 3.3.2 is een lijst opgenomen met andere mogelijke locaties. Op verzoek kunnen locaties uit die lijst worden toegevoegd.

## 4. De levering van historische stormen (HiRLAM 11 km wind- en drukanalyses)

### 4.1 Inleiding

De primaire doelstelling van werkpakket 1 betreft het leveren van HiRLAM 11 km wind- en drukanalyses die gebruikt kunnen worden om diverse maritieme modellen te forceren. In overleg met de leden van het NAUTILUS team is besloten om de data te leveren op het rooster van WAQUA-CSM8. Daartoe zijn de (X)HiRLAM 'mean sea level pressure' (*pmsl*) velden en de (X)HiRLAM windvelden (componenten *u10* en *v10*) geïnterpoleerd op het WAQUA-CSM8 rooster. De u en v componenten van de wind zijn zowel op het WAQUA u-rooster als het WAQUA v-rooster geïnterpoleerd. In totaal levert dit 5 velden op (*pmsl, uu, uv, vu, vv*). Bij de interpolatie is een gewichtenfile gebruikt om de land-zee overgangen in rekening te brengen (zie hiervoor ook de figuren over het land-zee masker en de roosters van HiRLAM en XHiRLAM in paragraaf 3.1). Bij de interpolatie van het (X)HiRLAM rooster naar het WAQUA-CSM8 rooster worden de volgende interpolatieregels in acht genomen:

- 1) De interpolatie is bi-lineair waarbij de gewichten bepaald worden door de afstand tot de omliggende roosterpunten.
- 2) Zet voor elk (zee)punt in het targetgrid (bijv. WAQUA) de gewichten van de punten uit het sourcegrid (bijv. (X)HiRLAM) op 0 die niet hetzelfde karakter (zee) hebben. Dit betekent dat deze punten geen bijdrage leveren tot de interpolatie. Voor punten die alleen gegenereerd worden uit punten met een ander karakter (typisch in kleine estuaria) worden de gewichten niet veranderd. In dit opzicht is een (X)HiRLAM zeepunt een roosterpunt dat voor minder dan 70% land is (zie ook de figuren in paragraaf 3.1). Uit deze procedure volgt dat in principe alleen de zeepunten worden meegenomen in de interpolatie naar het WAQUA-grid, tenzij alle omliggende roosterpunten van het atmosfeer model landpunten zijn.
- 3) Herschaal alle gewichten zodat ze samen optellen tot 1.

Voor de definitie van het WAQUA-CSM8 grid en verdere details mbt. de interpolatie verwijzen we naar de technische gebruikershandleiding van de geïnterpoleerde data. Deze handleiding vormt onderdeel van de geleverde data.

In totaal zijn 7 verschillende perioden geselecteerd waarvan de Hirlam 11 km data zijn geleverd. Voor de vergelijking hebben we ook telkens de analyses van het operationele Hirlam (55 km) geleverd. De 7 verschillende perioden hebben betrekking op een testdata set uit het archief van het KNMI (periode 1), een selectie van 5 historische stormen die allen zijn gereproduceerd (perioden 2 t/m 6, ofwel de stormen 1 t/m 5), en als extra periode de storm van 28 mei van dit jaar (periode 7). Onderstaand worden de geleverde perioden of stormen nader toegelicht.

Samenvattend betreft de totale lijst van geleverde data voor NAUTILUS:

Periode	Jaar	Beschikbare analyses	Storm extreem
Test dataset	2000	20000201 t/m 20000212	8,9 februari 2000
Storm-1	1991	19911212 t/m 19911222	20 december 1991
Storm-2	1999	19991125 t/m 19991204	3 december 1999
Storm-3	1990	19900220 t/m 19900302	26 februari t/m 2 maart 1990
Storm-4	1995	19941228 t/m 19950111	1,2 en 10 januari 1995
Storm-5	1994	19940209 t/m 19940217	Afwaaing tussen 11 en 15 februari 1994
Extra storm	2000	20000520 t/m 20000529	28 mei 2000

Paragraaf 4.2 geeft een kwalitatieve beschrijving van de geleverde stormperioden. Waar mogelijk wordt de meerwaarde van XHiRLAM boven HiRLAM beschreven aan de hand van een aantal illustratieve plaatjes. De gebiedsverificatieresultaten van de geleverde stormen worden besproken in paragraaf 4.3. In appendix A3 vindt U de bijbehorende figuren van deze verificatie.



## 4.2 Beschrijving van de geleverde stormperiodes

### Testperiode

De data van de testperiode is afkomstig uit het KNMI archief. De gekozen periode betreft de westerstorm van dinsdag 8 en woensdag 9 februari 2000. Tijdens deze storm die hoge waterstanden gaf langs de Nederlandse kust heeft de SVSD in nauwe samenwerking met het KNMI diverse voorwaarschuwingen gegeven.

### Storm-1: Periode 20 december 1991

Een zeer diepe depressie met daarachter een stormveld met west-noordwestenwinden veroorzaakte aanzienlijke verhogingen van de waterstand, zodat er, met name in het noorden van het kustgebied, vrij hoge waterstanden gemeten werden. Tijdens de stormvloed werden de Stormvloedkeringen in de Oosterschelde en in de Hollandse IJssel niet gesloten. De SVSD heeft in samenwerking met het KNMI diverse waarschuwingen uitgegeven voor delen van de Nederlandse kust.

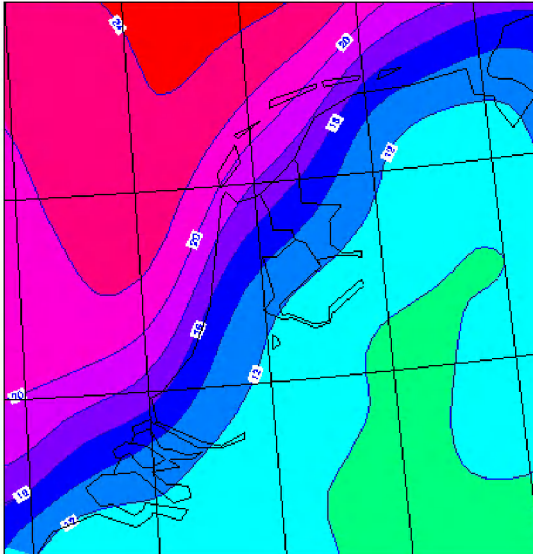
### Storm-2: Periode 3 december 1999

In de loop van de ochtend en middag van vrijdag 3 december ontwikkelde zich achter een koufront van een diepe en zeer actieve depressie in het midden en zuiden van de Noordzee een (zeer) zware (zuid)westerstorm (9-11 Bft). Onder invloed van de zware westerstorm stond er langs de Nederlandse kust tijdens hoogwater een verhoging van 115 tot 125 cm, en langs de Waddenkust tijdens het hoogwater een verhoging van 130 – 245 cm. In nauwe samenwerking met het KNMI heeft de SVSD diverse waarschuwingen uitgegeven.

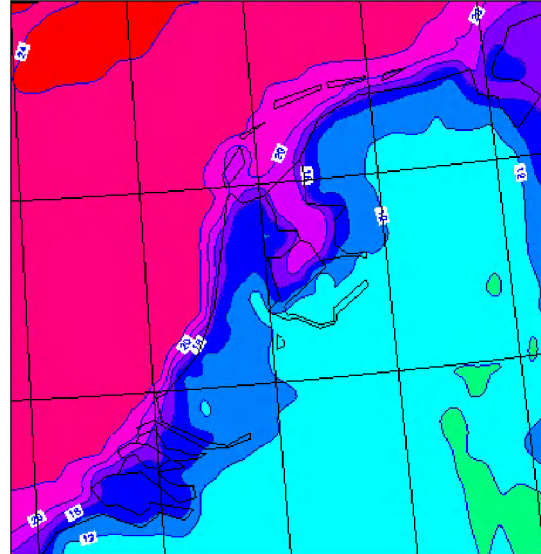
De storm op 3 december zorgde langs de hele kust voor veel wind. In HiRLAM werden de hoge windsnelheden boven het IJsselmeer helemaal niet opgelost, terwijl in XHiRLAM de wind boven het IJsselmeer duidelijk sterker is dan boven bijvoorbeeld Noord-Holland. Het belang van een goede beschrijving van land-zee overgangen wordt goed geïllustreerd door de situatie van 3 december 1999. Op die dag trok een stormdepressie over de Noordzee naar het oosten en veroorzaakte in Nederland een zware storm aan de kust. De juiste positie van de depressiekern tijdens deze storm werd door XHiRLAM veel beter beschreven dan door HiRLAM.

De figuren op de volgende pagina tonen de 10 meter windsnelheid in HiRLAM en XHiRLAM om 12 UTC op deze dag. Globaal komen de figuren goed met elkaar overeen. Bij een nadere beschouwing zijn echter wel een aantal belangrijke detailverschillen te vinden. In de 55 km run is het IJsselmeer in de 10 meter wind niet of nauwelijks terug te vinden. In werkelijkheid is de wind boven water meestal veel sterker dan boven land. Door de resolutie van 55 km heeft HiRLAM geen roosterpunten boven het IJsselmeer. XHiRLAM daarentegen beschrijft het IJsselmeer veel beter.

10-meter windsnelheid op 3-12-1999 om 12 UTC, HIRLAM (55 km)



10-meter windsnelheid op 3-12-1999 om 12 UTC, XHIRLAM (11 km)



### Storm-3: Periode 26 februari t/m 2 maart 1990

Een combinatie van hoog springtij en een aantal achtereenvolgende stormen leidde in de week van 26 februari tot en met 2 maart (crocusvakantie) tot een uitzonderlijk aantal opeenvolgende stormvloedden. Er kwamen hoogwaters voor met een frequentie van eenmaal per 7 à 25 jaar. In Vlissingen traden 4 hoogwaters op die behoren tot de 20 hoogste van deze eeuw. De stormvloedkering in de Oosterschelde werd 4 maal gesloten. Het waarschuwingsbureau van de SVSD is tijdens de stormvloedperiode 94 uur bemand geweest en in nauwe samenwerking met het KNMI zijn in deze periode diverse waarschuwingen uitgegeven. Er is zelfs een advies voor het instellen van dijkbewaking uitgegeven.

De wester- en noordwesterstormen die in deze week over ons land trokken, hadden een uitzonderlijk karakter en hebben overschrijdingen van de diverse grenspeilen en aanmerkelijke schade aan dijken, duinen en stranden veroorzaakt.

### Storm-4: Periode 1,2 januari en 10 januari 1995

Een actieve stormdepressie veroorzaakt op 1 en 2 januari 1995 een aanzienlijke verhoging van de waterstanden die op diverse plaatsen langs de Nederlandse kust tot boven het grenspeil uitkwamen. Tijdens het passeren van de stormvloed werd de Stormvloedkering in de Oosterschelde tweemaal en die in de Hollandse IJssel driemaal gesloten. In nauwe samenwerking met het KNMI heeft de SVSD diverse waarschuwingen uitgegeven. Voor de Schelde is een alarmering uitgegeven.

Een uitdiepende depressie veroorzaakt op 10 en 11 januari 1995 in het noordelijke kustgebied aanzienlijke verhogingen van de waterstanden. In nauwe samenwerking met het KNMI heeft de SVSD waarschuwingen uitgegeven voor het noordelijke deel van de Nederlandse kust en een alarmering voor het Waddengebied (Delfzijl).

Storm-5: Periode 11 t/m 15 februari 1994

Van deze storm is geen verslag van de SVSD omdat het een afwaaiing betreft. Deze afwaaiing begon op 11 februari en duurde tot 15 februari. Extreem-laagwater situaties zijn van belang voor de scheepvaart.

Storm-6: Periode 28 mei 2000

Op zondag 28 mei 2000 werd Nederland getroffen door de zwaarste mei-storm sinds de Hemelvaartsstorm van 1983. Tijdens die storm trok er een kleine depressie van zuid naar noord langs de Nederlandse kust. Aan de zuidflank van deze depressie was de luchtdrukgradient erg groot en stond er enige tijd windkracht 10, hetgeen zeer uitzonderlijk is voor eind mei. In HiRLAM ontwikkelde deze storing een windveld met een maximale sterkte van net 9 Bft. XHiRLAM gaf 12 uur van tevoren een duidelijke waarschuwing voor windkracht 10, en dat was de werkelijk opgetreden waarde.

Een van de kritieken tijdens de Hemelvaartsstorm van 1983 was dat er nauwelijks waarschuwingen voor waren geweest. Deze storm was ook een van de aanleidingen voor het ontwikkelen van het regionale weermodel HiRLAM (High Resolution Limited Area Model). De vraag is nu natuurlijk of we de storm van 28 mei 2000 aan konden zien komen met dit model. Het HiRLAM model had de storm goed te pakken. Op zaterdag gaf het model reeds een duidelijke waarschuwing voor een windkracht 9 aan de kust. In werkelijkheid was de windsnelheid nog iets sterker, maximaal een windkracht 10. Deze door het model berekende windsnelheden zijn voor eind mei zo uitzonderlijk dat dit een aanwijzing was dat er een extreme situatie aan het ontstaan was.

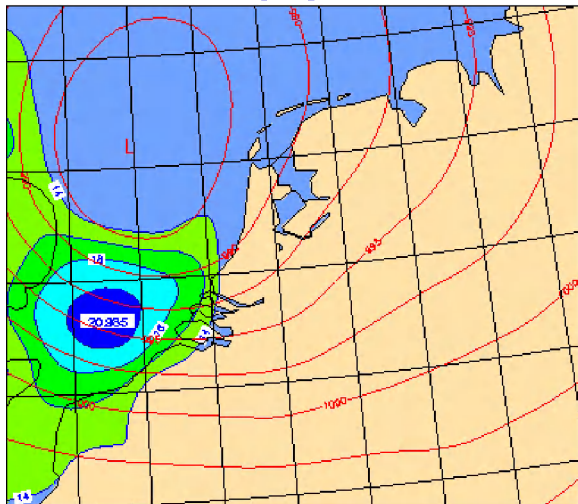
De HiRLAM verwachting gaf 24 uur van tevoren (gebaseerd op de analyse van 12 UTC op 27 mei) al duidelijk aan dat er veel wind zou komen langs de kust. Ook de positie en de diepte van het laag zijn vrij goed voor deze termijn. De maximale windsnelheid van bijna 20 m/s is gelijk aan windkracht 8, nog net geen windkracht 9. Langs de Nederlandse kust zijn er plaatsen geweest waar een gemiddelde windsnelheid van 26 m/s is gemeten (10 Beaufort).

De verwachting van hetzelfde model was 12 uur later nog iets bijgesteld. De maximale windsnelheid in de 12-uurs forecast gebaseerd op de analyse van 00 UTC was 21 m/s (9 Beaufort). Deze run verwachtte dus iets meer wind en kwam daarmee dichterbij de waargenomen windsnelheden.

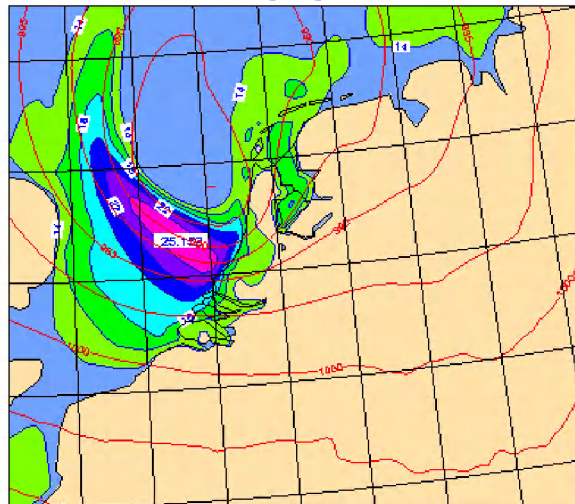
De verwachting van XHiRLAM voor 12 UTC op 28 mei (gebaseerd op de analyse van 00 UTC 28 mei) geeft een windsnelheid die dichterbij de waarnemingen ligt dan HiRLAM. De maximale windsnelheid in XHiRLAM was 25 m/s (10 Beaufort). Ook ligt het meest intensieve deel van het windveld een stukje noordelijker dan in HiRLAM. Dit komt beter overeen met de waarnemingen. Ook de kerndruk van de depressie, die minimaal 984 hPa bedroeg, wordt in de hoge resolutie run dichterbij benaderd (985 hPa in XHiRLAM tegen 988 hPa in HiRLAM).

In de plaatjes hieronder ziet U de verwachte windsnelheid- en drukverdelingen van zowel HiRLAM als het XHiRLAM. De verwachting is gebaseerd op de analyse van 00 UTC op 28 mei. In de plot zijn de contouren voor de luchtdruk (rood) om de 2.5 hPa en voor de windsnelheid om de 2 m/s vanaf 14 m/s. De windkracht is tevens in verschillende kleuren weergegeven. Blauw is 7 beaufort, paars is 8 beaufort en rose is 9 beaufort.

12-uurs forecast HiRLAM geldig voor 28-05-2000, 12 UTC



12-uurs forecast XHiRLAM geldig voor 28-05-2000, 12 UTC



De zwaarte van de storm was dus ruim van tevoren goed verwacht door XHiRLAM. Ook laat XHiRLAM veel meer detail zien in het windveld, bijvoorbeeld op het IJsselmeer, iets dat wegvalt in de HiRLAM runs.

Om 00 UTC lag de voor de storm verantwoordelijke depressie al in het gebied waar XHiRLAM berekeningen uitvoert. Daarom is het interessant om te zien dat er nog zulke grote verschillen zijn tussen de 12-uurs forecasts van HiRLAM en XHiRLAM. Kennelijk is het stormveld aan de zuidkant van de depressie een dermate kleinschalig fenomeen geweest dat het HiRLAM dit niet goed op kon pikken, maar het XHiRLAM wel. In grote lijnen gaf HiRLAM echter 24 uur van tevoren een goede waarschuwing voor erg veel wind langs de Nederlandse kust.

### 4.3 Bespreking van de gebiedsverificatieresultaten van de geleverde stormen

In de figuren in appendix A3 vindt U een grafische presentatie van de gebiedsverificatieresultaten van de geleverde historische stormen. De verificatie betreft de HiRLAM en XHiRLAM analyses van de windsnelheid in de Noordelijke Noordzee (NNS) en de Zuidelijke Noordzee (SNS). De windanalyses uit het model worden objectief geverifieerd tegen synoptische waarnemingen en scheepswaarnemingen door de modelanalyses naar de waarnemingsposities te interpoleren. Voor de gebiedsverificatie worden voor zowel het HiRLAM als het XHiRLAM dezelfde waarnemingen gebruikt. Als maat voor de kwaliteit wordt de **bias** en **rms** afwijking tussen de waarneming en het model gehanteerd. Door het hanteren van de **rms** norm worden grote afwijkingen zwaarder meegewogen. Op de waarnemingen is slechts een beperkte controle toegepast. Daardoor wegen ook de waarnemingsfouten mee in de

verificatiescores. In het bijzonder is daarbij te denken aan fouten in de reductie van niet-standaard waarnemingen en representativiteitsfouten in de waarnemingen.

De analyse in de windrichting is ook geverifieerd. De score wordt echter sterk beïnvloed door de relatief onbelangrijke grote variatie in windrichting bij lage windsnelheden en is daarom moeilijk als kwaliteitsnorm te hanteren. In deze rapportage is gekozen om alleen de verificatieresultaten van de windsnelheid te presenteren.

Over het algemeen zijn **rms** waarden voor XHiRLAM iets lager dan voor HiRLAM. De verschillen zijn echter marginaal. Omdat XHiRLAM in ieder verificatiegebied 25 maal zoveel roosterpunten heeft is daarmee de winst in kwaliteit van de analyse aanzienlijk. Merk ook op dat voor het merendeel van de geleverde stormen de bias in de windsnelheid in de gebieden NNS en SNS overwegend negatief is. Het is bekend dat het atmosfeermodel de windsnelheid i.h.a. onderschat. De onderschatting is echter lager voor het XHiRLAM.

Een nadeel van de gebruikte verificatiemethode vinden we terug in de verificatieplaatjes voor de 28 mei 2000 storm. De toegevoegde waarde van XHiRLAM voor de meteoroloog was aanzienlijk terwijl tijdens de storm op 28 mei de verificatie een veel hogere maximum **rms** waarde (5 m/s **rms**) voor XHiRLAM geeft. Dit wordt veroorzaakt door de grote gradiënt in het windveld tijdens deze storm. Grote gradiënten worden afgestraft als de piek een kleine fasefout bevat, hetgeen heel vaak voorkomt. Matige gradiënten worden minder zwaar gestraft, zelfs als de hoogte van de piek slecht wordt voorspeld. Dit probleem herkennen we ook bij WAQUA. Verificatie van de scheve opzet scoort beter dan die van de rechte opzet wanneer we in de buurt van steile flanken aan het verifiëren zijn. De gekozen verificatiemethode is daarom ook minder geschikt om tijdens gepiekte stormen de hoogte (amplitude) van het windmaximum te verifiëren. De fasefout die ongewild wordt mee geverifieerd krijgt dan de overhand.

In het kader van het HiRLAM project wordt met voorrang gewerkt aan de uitbreiding van het verificatiesysteem. Hier wordt oa. aandacht besteed aan de verificatie van mesoschaal fenomenen. Op basis van deze ontwikkelingen worden in de nabije toekomst aanvullende kengetallen ontwikkeld.

## 5. Conclusies en aanbevelingen

De hoge resolutie versie XHiRLAM geeft voor het modelleren van de atmosfeer een aantal duidelijke verbeteringen ten opzichte van HiRLAM. In de hogere resolutie versie worden de land-zee overgangen veel beter beschreven zoals aan de hand van figuren is geïllustreerd in paragraaf 3.1. Voor kleine wateroppervlakken zoals het IJsselmeer heeft HiRLAM geen representatieve punten terwijl XHiRLAM minimaal twee waterpunten heeft in oa. de West-Oost richting. Doordat binnenwateren zoals het IJsselmeer in HiRLAM vaak wegvallen is de wind daar meestal veel zwakker dan in werkelijkheid. XHiRLAM lost dit probleem deels op door een scherper land-zee masker. Doordat de kust in de hogere resolutie versie veel scherper is gedefinieerd, worden diverse meteorologische fenomenen zoals kustconvergentie en zeewind (die vaak gepaard gaan met windstoten en scherpe gradiënten in de wind, een zogenaamde windsprong) veel beter beschreven. Naast een betere positionering van de land-zee overgangen is ook de forcering aan het oppervlak in het hoge resolutie model veel realistischer. De wind is bij een stormsituatie vaak veel gepiekerd dan het HiRLAM model weergeeft. XHiRLAM daarentegen is veel beter in staat om zowel de werkelijke hoogte van de piek te bepalen (het windmaximum) als de juiste positie op een bepaald tijdstip. De

toegevoegde waarde van het XHiRLAM model volgt duidelijk uit de stormen van 3 december 1999 en 28 mei 2000. Beiden worden beschreven in paragraaf 4.2.

Voor de gekozen verificatiematen (*bias* en *rms*) zijn de verschillen tussen HiRLAM en XHiRLAM maar marginaal. Dit betekent echter niet dat het XHiRLAM model maar weinig extra informatie levert. Uit het voorbeeld van de gepiekte storm op 28 mei van dit jaar hebben we kunnen zien dat we uit het XHiRLAM veel meer informatie kunnen halen dan uit HiRLAM. Volgens de gekozen verificatiematen scoort XHiRLAM echter slechter dan HiRLAM. XHiRLAM is echter prima in staat om de hoogte van de piek in het windveld te voorspellen. Deze slechte score wordt dan ook veroorzaakt door een kleine timing fout in de positie van de stormpiek (de fasefout) in XHiRLAM die vervolgens door de door ons gekozen verificatiematen enorm wordt afgestraft. Toch zijn deze verificatiematen bewust zo gekozen omdat ze enerzijds herkenbaar zijn, en anderzijds omdat ze een harde test vormen waarbij iedere mogelijke fout wordt afgestraft. In het algemeen werkt de gebruikte verificatiemethode in het nadeel voor hoge resolutie modellen. In vergelijking tot HiRLAM zitten bij XHiRLAM in ieder gedefinieerd verificatiegebied 25 maal zoveel roosterpunten en die worden allen meegenomen bij het berekenen van de verificatie resultaten van een analyse en forecast. Bij gelijke waarden van de verificatiegrootheden betekent dit automatisch dat het hoge resolutie model veel beter is. Om de verbeteringen van het hoge resolutiemodel beter te kunnen kwantificeren wordt er momenteel gewerkt aan de uitbreiding van het HiRLAM verificatiesysteem. Aanvullende kengetallen zullen in de toekomst de toegevoegde waarde van oa. mesoschaal fenomenen gaan kwantificeren.

De toegevoegde waarde voor NAUTILUS van het hoge resolutie HiRLAM model XHiRLAM dient te worden getoetst door het reproduceren en verifiëren van de bijbehorende WAQUA modelgegevens. Voorlopig kunnen we alleen ons vermoeden uitspreken dat de extra informatie die het hoge resolutie atmosfeermodel biedt een stap is in de richting van een verbetering van de resultaten van de bestaande maritieme modellen. We hebben al gezien dat in ieder geval de land-zee overgangen bij de Nederlandse kust en boven binnenwateren met hogere nauwkeurigheid worden beschreven en dat XHiRLAM scherpe gradienten in het windveld, zoals een gepiekte wind tijdens stormsituaties en een windsprong, beter kan verwachten. Validatie van oa. het WAQUA waterstandsmodel na reproductie van de stormen zal echter moeten uitwijzen of die verbetering ook impact heeft op het maritieme model.

Reproductie en levering van XHiRLAM analyses is een eerste stap om de gebruikers van Rijkswaterstaat van detail wind en druk informatie te voorzien. We hebben aan de hand van een voorbeeld gezien dat XHiRLAM duidelijk een belangrijke vooruitgang betekent voor oa. het IJsselmeer, met een omvang van het wateroppervlak variërend van zo'n 20 tot 50 km. We verwachten echter dat extra verfijningen tav. de wind en druk modelanalyses noodzakelijk zijn om ook op schalen van de Westerschelde (enkele km) verbeteringen te garanderen. Deze verfijningen hebben met name betrekking op het corrigeren van het geanalyseerde (of verwachte) windveld van XHiRLAM bij een sterk variërende topografie zoals dat het geval is bij de land-zee overgangen van de Westerschelde. Naast veranderingen in de wind die het gevolg zijn van een plotselinge overgang in de oppervlakteruwheid tussen land en zee, spelen ook effecten een rol die veroorzaakt worden door temperatuurverschillen tussen land, de atmosfeer en het water. Een aanzet voor een vervolgstudie is beschreven door het KNMI.

## Dankwoord

De auteur dankt Sander Tijm van het KNMI voor het leveren van een belangrijk gedeelte van de tekst behorende bij de XHIRLAM voorbeelden. Daarnaast dankt de auteur Hans de Vries en Jeanette Onvlee, beiden van het KNMI, voor de kritische opmerkingen bij een eerdere versie van deze rapportage.

## Referenties

1. Tijm, A.B.C., en H.T. Wu, *ASWAN: Assessment of the impact of wind profiler/sodar data on the mesoscale wind analysis in the Netherlands*. Eindrapportage ASWAN, KNMI De Bilt, juni 2000.

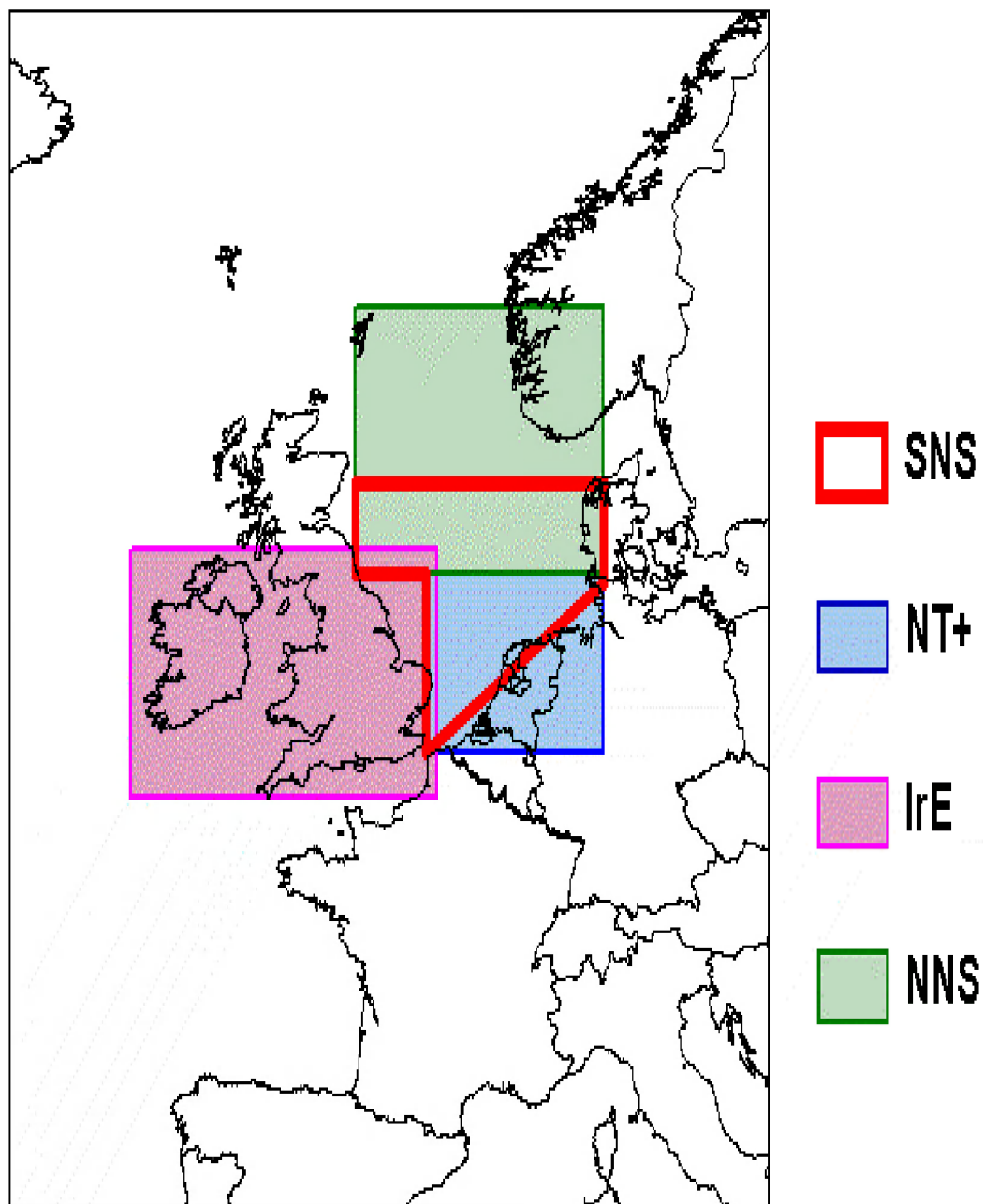
## Appendix

### A1 Figuur windmeetlocaties tbv. puntverificatie



Figuur A1.1 De figuur hierboven bevat alle windmeetlocaties die in HiRLAM en XHiRLAM worden gebruikt voor de gebiedsverificatie van Nt+ (Nederland "plus"). Een aantal van deze locaties zijn geselecteerd voor de puntverificatie. De lijst daarvoor vindt U in paragraaf 3.3.2. Merk op dat in bovenstaande figuur AUK, F3 en de Sandtietje Vessel ontbreken. In de figuur is Oosterschelde = BG2 en Marollegat = Tholen.



**A2 Figuur verificatiegebieden HiRLAM en XHiRLAM**

Figuur A2.1 De figuur hierboven presenteert de deelgebieden die binnen HiRLAM en XHiRLAM gebruikt worden voor de gebiedsverificatie. De afkortingen staan voor “Noordelijke Noordzee” (NNS), “Zuidelijke Noordzee” (SNS), “Ierse Zee / Ierland en Engeland” (IrE), en “Nederland “plus” (Nt+).

**A3 Grafische presentatie van de gebiedsverificatieresultaten van HiRLAM (LFM) en XHiRLAM (XHR)**

