

**KONINKLIJK NEDERLANDS
METEOROLOGISCH INSTITUUT**

VERSLAGEN

V - 343

M. J. M. Saraber

**Verifikatie van golfanalyses van het
operationele GONO-model over de
periode oktober 1978 t/m juni 1979.**

De Bilt 1980

Publikatienummer: K.N.M.I. V-343 (CWD/ME)

Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut,
Centrale Weerdienst, Methodiekontwikkeling en Evaluatie,
Postbus 201,
3730 AE De Bilt,
Nederland.

U.D.C.: 551.466.33 :
551.509.5

Inleiding

Al enkele jaren beschikt het KNMI over een door Sanders ontwikkeld numeriek model voor de berekening van zeegang en deining op de Noordzee en de Noorse Zee. Middels een modelspektrum wordt de significante golfhoogte van de zeegang uit het heersende windveld berekend (Sanders, 1976).

Het windveld wordt berekend uit de voor het BK4 model geleverde drukanalyses.

De Centrale Weerdienst gebruikt de resultaten van het GONO-model bij de voorlichting ten behoeve van "offshore-activiteiten" en bij het opstellen van deiningverwachtingen voor de Eurogeul nabij Hoek van Holland.

De kwaliteit van het operationele golfmodel wordt bewaakt door het Bureau Methodiekbewaking en Evaluatie van de Centrale Weerdienst. Voor dit doel worden wind en golfhoogte van de zeegang geverifieerd.

In dit verslag worden de resultaten van de verifikatie over de periode oktober 1979 t/m juni 1979 per kwartaal gepresenteerd.

De verwerking van het cijfermateriaal werd verricht door H. van Bruinessen, P.H. de Groot, T.J.H. Musegaas, L.L. Steeman en M.J. Top.

Referentiedata

Een probleem bij het verifiëren van de door het GONO-model berekende wind en golfhoogten op de Noordzee vormt het referentiemateriaal. Enerzijds dient er naar gestreefd te worden dat de verifikatie op enkele vaste punten, verspreid over het rekenrooster van het model gebeurt, anderzijds moet het vergelijkingsmateriaal een konstant hoge kwaliteit bezitten en een zo continu mogelijke reeks in de tijd vormen. Bovendien is het gewenst dat de verifikatiepunten relevant zijn voor de lokaties waarvoor verwachtingen uitgegeven worden.

De volgende verifikatiepunten voldoen redelijk aan deze eisen:

- | | |
|---|---------------------|
| 1. 52.0 N, 4.1 E : Hoek van Holland | (roosterpunt 13, 4) |
| 2. 53.2 N, 3.2 E : Plat K-13 | (" 12, 6) |
| 3. 55.5 N, 5.2 E : schip OWXP | (" 13, 9) |
| 4. 61.1 N, 2.2 E : schepen LHHT en GDNE | (" 8,17) |
| 61.2 N, 1.8 E : schip LF6L | (" 8,17) |
| 5. 66.0 N, 2.0 E : weerschip 4YM | (" 7,24) |

Op de posities 1, 2 en 5 wordt de wind gemeten en op de overige posities geschat.

De golfhoogte wordt alleen op positie 2 gemeten. Op positie 1 waren geen golfhoogtemetingen beschikbaar voor verifikatie. Op de overige posities wordt de golfhoogte geschat.

Een probleem vormt het onderscheid tussen zeegang en deining. Het GONO-model berekent zuivere zeegang en voor een beperkt aantal punten bovendien nog deining. Voor deze verifikatie is alleen de golfhoogte van de zeegang gebruikt.

Bij de scheepswaarnemingen is gepoogd de deining zoveel mogelijk te elimineren door de golfgroep met de hoogste golfhoogte te beschouwen als zeegang. Dit is zeker niet altijd korrekt, maar lijkt de beste benadering.

Voor positie 2 kon de deining niet geëlimineerd worden, aangezien slechts een gemeten totale golfhoogte (zeegang plus deining) beschikbaar was en geen spektrum.

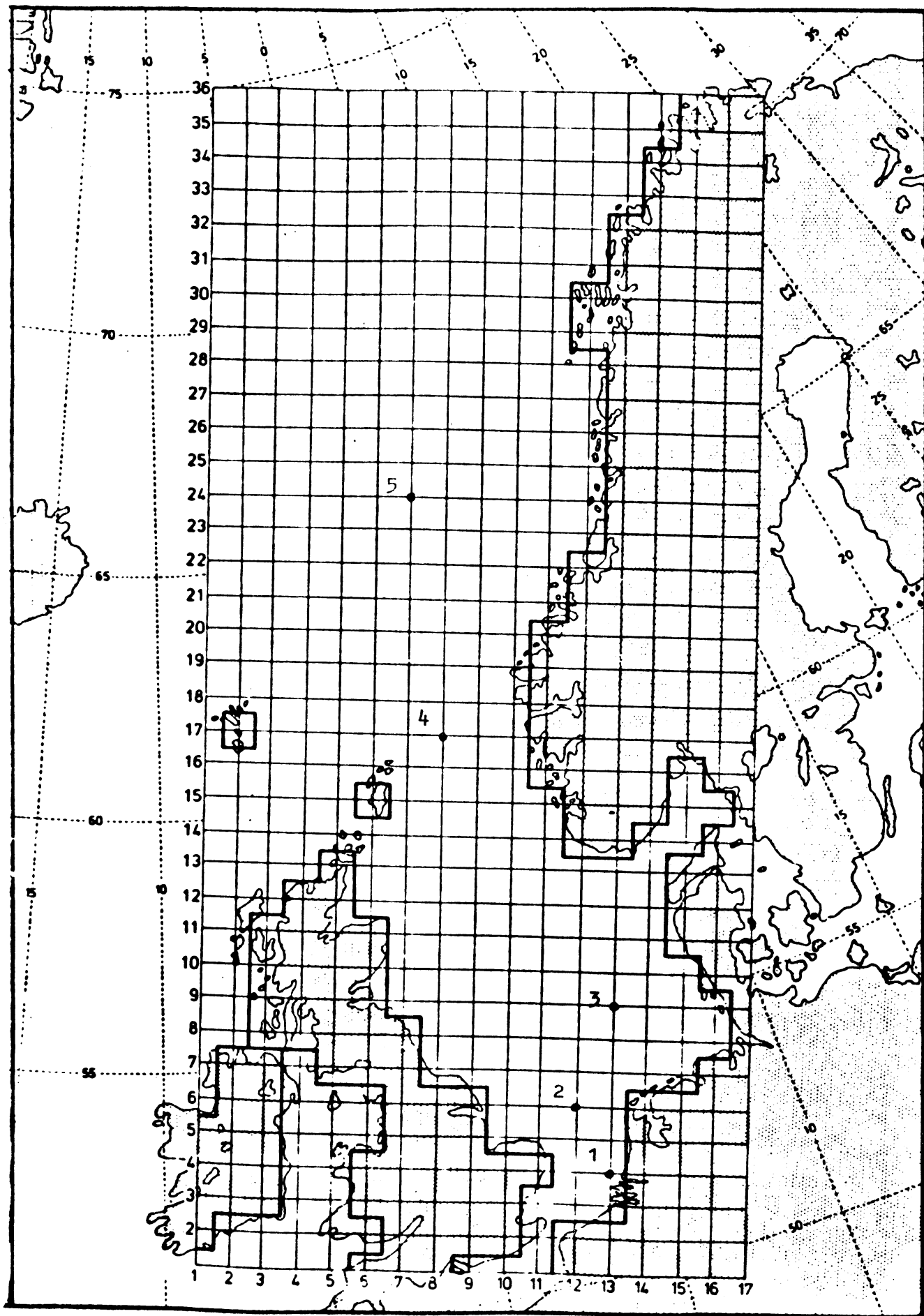
Hoewel de posities van de LHHT en LF6L slechts weinig van elkaar verschillen, zijn de GONO berekeningen ten opzichte van deze schepen afzonderlijk geverifieerd.

De verifikatie over het tweede kwartaal van 1979 gebeurde slechts op de posities 1, 2, 4 (op positie 4 alleen de LHHT en GDNE) en 5.

Voor zover de schepen zich tijdelijk op andere posities hebben bevonden dan die in de lijst genoemd, zijn de dichtstbijliggende GONO roosterpunten gebruikt voor de berekende wind en golfhoogten.

Bij het ontbreken van waarnemingen is het materiaal zoveel mogelijk aangevuld met waarnemingen van nabij gelegen schepen, teneinde een zo volledig mogelijke reeks waarnemingen te verkrijgen.

De verifikatieposities zijn in het kaartje van figuur 1 in het GONO-rooster aangegeven.



Figuur 1. Het rekenrooster van het GONO-model met daarin aangegeven de verificatieposities.

Verifikatieresultaten

Voor de verifikatieposities zijn de windrichting, windsnelheid en significante golfhoogte van de zeeegang, berekend door het GONO-model uit definitieve numerieke analyses, geverifieerd.

Allereerst zijn de gemiddeld waargenomen windsnelheid en golfhoogte bepaald, in de tabellen 1, 2 en 3 aangegeven door \overline{ff}_{obs} en \overline{Hs}_{obs} . Vervolgens zijn voor de verschillen $\overline{ff}_{obs} - \overline{ff}_{gono}$, $\overline{dd}_{obs} - \overline{dd}_{gono}$ en $\overline{Hs}_{obs} - \overline{Hs}_{gono}$ in waargenomen en door GONO berekende windsnelheid, windrichting en golfhoogte de gemiddelde waarden $\overline{ff}_{obs} - \overline{ff}_{gono}$, $\overline{dd}_{obs} - \overline{dd}_{gono}$ en $\overline{Hs}_{obs} - \overline{Hs}_{gono}$ en de standaarddeviaties σ_{ff} , σ_{dd} en σ_{Hs} bepaald. De resultaten zijn voor de drie geverifieerde seizoenen afzonderlijk weergegeven. Tabel 1 beslaat het vierde kwartaal van 1978, tabel 2 beslaat het eerste kwartaal van 1979 en tabel 3 het tweede kwartaal van 1979. In de tabellen is ook het aantal gevallen, N, gegeven.

Ter vergelijking zijn ook de door Verploegh bepaalde standaarddeviaties in windrichting en windsnelheid van scheepswaarnemingen opgenomen (Verploegh, 1967). De gebruikte eenheden zijn: Knopen voor de windsnelheid, graden voor de windrichting en meters voor de golfhoogte.

Positie	\overline{ff}_{obs} (kts)	$\overline{ff}_{obs} - \overline{ff}_{gono}$ (kts)	σ_{ff} (kts)	N aantal
Hoek van Holland	13.8	-1.6	7.4	208
Plat K-13	15.5	-1.2	4.3	265
OWXP	19.4	+1.0	6.1	236
LHHT / GDNE	27.5	+8.1	10.7	128
LF6L	19.1	+0.5	7.0	260
4YM	23.0	+4.0	7.4	273
Verploegh			4.4	

Positie	$\overline{dd}_{obs} - \overline{dd}_{gono}$ (grd)	σ_{dd} (grd)	N aantal
Hoek van Holland	-14	32.8	208
Plat K-13	+1.4	14.8	265
OWXP	-1.8	18.8	236
LHHT / GDNE	+7.5	21.7	128
LF6L	-5.7	24.3	260
4YM	+4.0	25.9	273
Verploegh (ff < 3 bft)		20	
Verploegh (ff > 4 bft)		13	

Positie	\overline{Hs}_{obs} (m)	$\overline{Hs}_{obs} - \overline{Hs}_{gono}$ (m)	σ_{Hs} (m)	N aantal
Hoek van Holland	---	---	---	---
Plat K-13	1.7	+0.44	0.75	341
OWXP	2.8	+0.79	1.15	288
LHHT / GDNE	2.6	+0.18	1.04	131
LF6L	3.2	+0.78	1.40	250
4YM	3.2	+0.79	0.98	301

Tabel 1. Verifikatieresultaten GONO-model vierde kwartaal 1978.

Positie	\overline{ff}_{obs} (kts)	$\overline{ff}_{obs} - \overline{ff}_{gono}$ (kts)	σ_{ff} (kts)	N aantal
Hoek van Holland	14.0	-2.5	5.9	257
Plat K-13	15.6	-0.9	4.3	274
OWXP	17.5	+3.3	6.6	142
LHHT / GDNE	24.7	+6.8	9.0	245
LF6L	15.9	+2.2	5.2	157
4YM	21.0	+5.3	8.5	309
Verploegh			4.4	

Positie	$\overline{dd}_{obs} - \overline{dd}_{gono}$ (grd)	σ_{dd} (grd)	N aantal
Hoek van Holland	-4.4	19.8	257
Plat K-13	-1.0	20.9	274
OWXP	-1.0	20.6	142
LHHT / GDNE	+14.7	23.4	245
LF6L	+0.1	22.2	157
4YM	+0.9	27.5	309
Verploegh (ff < 3 bft)		20	
Verploegh (ff > 4 bft)		13	

Positie	\overline{Hs}_{obs} (m)	$\overline{Hs}_{obs} - \overline{Hs}_{gono}$ (m)	σ_{Hs} (m)	N aantal
Hoek van Holland	---	---	---	---
Plat K-13	2.0	+0.31	0.68	294
OWXP	2.5	+0.86	1.20	155
LHHT / GDNE	2.2	+0.35	0.87	268
LF6L	2.9	+1.13	1.50	204
4YM	2.6	+0.78	1.16	339

Tabel 2. Verifikatieresultaten GONO-model eerste kwartaal 1979.

Positie	\overline{ff}_{obs} (kts)	$\overline{ff}_{obs} - \overline{ff}_{gono}$ (kts)	σ_{ff} (kts)	N aantal
Hoek van Holland	11.6	+2.4	5.0	238
Plat K-13	12.7	+3.7	5.6	218
GDNE	16.9	+6.4	8.2	235
4YM	16.4	+5.1	7.4	299
Verploegh			4.4	

Positie	$\overline{dd}_{obs} - \overline{dd}_{gono}$ (grd)	σ_{dd} (grd)	N aantal
Hoek van Holland	+0.2	23.9	238
Plat K-13	+3.6	17.1	218
GDNE	+12.2	27.8	235
4YM	+5.8	26.5	299
Verploegh (ff < 3 bft)		20	
Verploegh (ff > 4 bft)		13	

Positie	Hs_{obs} (m)	$Hs_{obs} - Hs_{gono}$ (m)	σ_{Hs} (m)	N aantal
Hoek vanHolland	---	---	---	---
Plat K-13	1.05	+0.34	0.50	323
GDNE	1.38	+0.40	0.74	272
4YM	1.75	+0.54	0.82	361

Tabel 3. Verifikatieresultaten GONO-model tweede kwartaal 1979.

Discussie en conclusies

Uit de tabellen 1, 2 en 3 blijkt dat gemiddeld over alle verifikatiepunten en verifikatieperioden de standaarddeviatie in windsnelheid ongeveer 7 kts bedraagt en die in windrichting ongeveer 20 kts. Vergelijken we deze waarden met die, gevonden door Verploegh voor scheepswaarnemingen, dan blijken de eersten niet veel slechter te zijn dan die van Verploegh.

Opvallend is dat de standaarddeviaties in windrichting en windsnelheid voor plat K-13 praktisch gelijk zijn aan die van Verploegh en in het algemeen aanzienlijk beter dan die voor de overige verifikatieposities. Aangezien plat K-13 de enige positie is waar én wind én golfhoogten gemeten worden en niet geschat, kunnen de waarnemingen van K-13 als het meest betrouwbare referentiemateriaal beschouwd worden.

Opvallend zijn eveneens de hoge waarden van $\overline{ff_{obs} - ff_{gono}}$, $\overline{ff_{obs}}$ en σ_{ff} voor de LHHT (en GDNE) over het vierde kwartaal van 1978 en het eerste kwartaal van 1979 en in veel mindere mate, over het tweede kwartaal van 1979. Vergelijken we deze waarden met die van de LF6L, die praktisch dezelfde positie inneemt, dan zou verwacht mogen worden dat er tussen deze twee waarnemingsets goede overeenstemming bestaat. Nemen we ook de overige posities in de beschouwing op, dan blijkt dat de waargenomen windsnelheden op de positie van de LHHT aan de hoge kant zijn.

Op grond van deze beschouwingen kan geconcludeerd worden dat de uit de verifikatie gevonden standaarddeviaties in windrichting en windsnelheid ongeveer gelijk zijn aan de natuurlijke waarde zoals bepaald door Verploegh, en daarmee zeker acceptabel.

Uit de tabellen blijkt verder dat de gemiddelde afwijkingen in windrichting, $\overline{dd_{obs} - dd_{gono}}$, en windsnelheid, $\overline{ff_{obs} - ff_{gono}}$, voor alle posities in het algemeen van nul verschillen. Deze afwijkingen variëren van -15 tot +15 graden voor de windrichting en van -2 kts tot +8 kts voor de windsnelheid. Het is dan ook zinvol na te gaan of er systematische verschillen optreden tussen de waargenomen en door GONO berekende windrichting en windsnelheid.

Toetsen we de verschillen in windrichting op significantie, met een waarschijnlijkheidsgebied van 99%, waarbij de verifikaties over de verschillende perioden samengevoegd zijn, dan blijkt er alleen voor de posities Hoek van Holland en LHHT/GDNE een significant verschil te bestaan tussen de waargenomen en berekende windrichting, terwijl het verschil voor weerschip M op de rand van significantie ligt.

Toetsen op deze wijze eveneens de verschillen in windsnelheid op significantie, dan blijkt dat alleen voor de posities LHHT/GDNE en weerschip M tot significantie besloten kan worden. Voor de positie van de LHHT berekent het GONO-model een ongeveer 25% te lage windsnelheid en voor de positie van weerschip M een circa 20% te lage windsnelheid. Het lijkt er op, gelet op de ligging van deze punten, dat het GONO-model voor het noordelijke deel van de Noordzee en de Noorse Zee systematisch te lage windsnelheden berekent. Hiervoor zijn twee mogelijke oorzaken aan te wijzen, en wel de volgende.

Het kan zijn dat het GONO-model een te lage windsnelheid berekent uit het luchtdrukveld. Dit lijkt niet zo waarschijnlijk aangezien dan ook in de zuidelijke Noordzee een te lage windsnelheid verwacht moet worden. Aangezien blijkt dat ook bij vrij lage windsnelheden voor de positie van weerschip M eenzelfde afwijking in de berekening gevonden wordt (vergelijk het tweede kwartaal van 1979 voor schip M met zuidelijker posities voor de andere verifikatieperioden), kan ook niet gesteld worden dat deze afwijking alleen bij hoge windsnelheden optreedt.

De tweede mogelijke oorzaak lijkt waarschijnlijker, n.l. dat de aan het GONO-model geleverde drukanalyse systematisch een te lage gradiënt vertonen in het noordelijke GONO-gebied. Aangezien in dit gebied waarnemingen vrij schaars zijn, is dit wel mogelijk. Omdat het hier bijgestuurde analyses betreft, volgt hieruit dat de bijsturingsmethodiek niet optimaal functioneert. De bijsturing gebeurt op een gebied dat het zuidelijke deel van het gono-rooster beslaat. Bovendien is de kaart waarop dit gebeurt, minder geschikt aangezien de kaartschaal, 1:15 miljoen, erg groot is en het bijsturingsgebied nogal aan de rand ervan ligt, zodat ook de handanalyses van de meteoroloog minder goed zijn.

Beschouwen we nu de verschillen tussen opgetreden en berekende golfhoogten, dan valt op dat de door het GONO-model berekende golfhoogten voor alle posities, over alle perioden gemiddeld te laag zijn. De relatieve afwijking bedraagt circa 25%. De standaarddeviatie σ_{Hs} bedraagt ongeveer 1 meter voor het vierde kwartaal van 1978 en het eerste kwartaal van 1979. Voor het tweede kwartaal van 1979 is deze waarde wat lager, maar dat hangt samen met een lager gemiddelde van de opgetreden golfhoogten.

Opvallend is dat de gemiddelde afwijking van de door GONO berekende golven ten opzichte van de waarnemingen voor de eerste twee perioden voor de LHHT het kleinst is. Dit is merkwaardig, aangezien de waargenomen windsnelheid in het algemeen geschat is uit de zeevang, en de windsnelheid, zeker in vergelijking met die van de LF6L, juist aan de hoge kant is. Men zou verwachten dat de LHHT ook een hogere zeevang opgegeven zou hebben.

Toetsen we de verschillen tussen waargenomen en berekende golfhoogte op significantie, waarbij we een 99% waarschijnlijkheidsgebied aanleggen, dan blijkt dat deze verschillen voor alle posities over alle perioden significant zijn. De afwijking ten opzichte van de opgetreden golfhoogten bedraagt ongeveer 25%.

Een verklaring van deze afwijking kan zijn dat er in de waargenomen golfhoogten nog deining meegenomen is. De scheepswaarnemingen zijn, zoals reeds eerder opgemerkt, zo goed mogelijk voor deining gecorrigeerd. De metingen van plat K-13 zijn dit niet. Men zou echter niet verwachten dat GONO juist ten opzichte van de metingen van plat K-13 de kleinste afwijking vertoont.

Op grond van deze beschouwing kan dan ook niet duidelijk geconcludeerd worden dat het GONO-model systematisch te lage golfhoogten berekent, hoewel het effect van de niet geheel geëlimineerde deining waarschijnlijk te klein is om het verschil afdoende te verklaren.

Een andere verklaring van deze systematische afwijking moet gezocht worden in de grote gevoeligheid van het GONO-model voor veranderingen in windsnelheid. Uit het modelspectrum blijkt dat een verschil in windsnelheid van 5 knopen bij een heersende wind van circa 25 knopen, een verschil in Hs van ongeveer 1.5 meter tot gevolg heeft. Wanneer de heersende windsnelheid ongeveer 40 knopen bedraagt, dan loopt dit verschil in Hs op tot circa 2.5 meter. Dit zou kunnen wijzen op een minder correct modelspectrum.

Vergelijking met vroegere verifikaties

Door Klepper is een voorlopige evaluatie van de uitkomsten van het GONO-model over de periode november t/m december 1973 uitgevoerd (Klepper, 1975).

Vergelijking van de verifikatieresultaten toont aan dat de verschillen in $\overline{dd_{obs} - dd_{gono}}$, $\overline{ff_{obs} - ff_{gono}}$, σ_{dd} en σ_{ff} gering zijn.

Ook de verschillen in standaarddeviatie voor de golfhoogte, σ_{Hs} , zijn klein. De verschillen in $\overline{Hs_{obs} - Hs_{gono}}$ daarentegen, zijn aanzienlijk. Klepper vond een waarde voor $\overline{Hs_{obs} - Hs_{gono}}$ van gemiddeld ongeveer -0.1 meter, waarbij schip M met -0.3 meter de grootste afwijking vertoonde. Voor de in dit verslag besproken verifikatieperiode wordt een waarde gevonden van gemiddeld +0.5 meter.

Aangezien het door Klepper geëvalueerde GONO-model nog experimenteel was, en de periode waarover geverifieerd werd erg kort, is het niet verantwoord uit deze beschouwing de konklusie te trekken dat het huidige operationele GONO-model slechtere resultaten levert dan het experimentele model.

Slotopmerkingen

Uit de in dit verslag gepresenteerde verifikatiegegevens van het operationele GONO-model over de periode oktober 1978 t/m juni 1979, blijkt dat er een systematisch verschil optreedt tussen de door GONO berekende significante golfhoogte van de zeegang en de significante golfhoogte van de waarnemingen. De door GONO berekende waarden liggen ongeveer 25% lager.

Aangezien het mogelijk is dat er in de waarnemingen nog deining meegenomen is, kan niet duidelijk gesteld worden dat de afwijking tussen berekening en waarneming een gevolg is van systematisch te laag berekende golfhoogten door het GONO-model, hoewel het deiningseffekt waarschijnlijk te klein is om het verschil afdoende te verklaren.

Een mogelijke oorzaak van het verschil zou ook gelegen kunnen zijn in de grote gevoeligheid van het GONO-model voor veranderingen in windsnelheid.

Bovendien zijn er aanwijzingen dat de door GONO berekende windsnelheden voor het noordelijke deel van de Noordzee en de Noorse Zee te laag zijn. Dit kan veroorzaakt zijn door een te lage gradiënt in de gebruikte drukanalyses.

Naar aanleiding van bovenstaande beschouwingen wordt door Sanders en Van der Hoek nog onderzocht in hoeverre voor de schepen de windwaarneming in overeenstemming is met de waargenomen golfhoogte. Op grond van voorlopige resultaten lijkt er een indicatie te zijn dat er een discrepantie bestaat tussen de waargenomen golfhoogte en de bijbehorende windwaarneming (Sanders, 1980). In hoeverre daarmee de afwijkingen tussen de GONO berekeningen en de waarnemingen verklaard kunnen worden, zal moeten blijken.

Referenties

1. Klepper, F., 1975.
"Numerieke berekening van zeegang en deining op de Noordzee, een voorlopige evaluatie van de uitkomsten van het GONO-programma over de periode november-december 1973".
K.N.M.I., Intern Rapport, MEMO 75-301, 1975.
2. Sanders, J.W., 1976.
"A growth-Stage Scaling Model for the Wind-Driven Sea".
Deutsches Hydrografischen Zeitschrift, Band 29, Heft 4, 1976.
3. Verploegh, G., 1967.
"Observation and Analyses of the Surface Wind over the Ocean".
K.N.M.I., Mededelingen en Verhandelingen No. 89, 1967.
4. Sanders, J.W., Hoek, A. van der., 1980.
Persoonlijke mededeling.