

KONINKLIJK NEDERLANDS
METEOROLOGISCH INSTITUUT

Een poging tot eliminatie van onnauwkeurigheden in de getijtafels
voor Vlissingen en Hoek van Holland ten behoeve van
waterstandsverwachtingen

door

drs. A.C. Bakker

De Bilt, oktober 1967

Een poging tot eliminatie van onnauwkeurigheden in de getijtafels
voor Vlissingen en Hoek van Holland ten behoeve van
waterstandsverwachtingen

door

drs. A.C. Bakker

1. Inleiding

Tot een van de taken van de meteorologische dienst te Zierikzee behoort het dagelijks voorspellen van hoog- en laagwaterstanden voor die plaatsen, waar waterstaatswerken in uitvoering zijn. In de praktijk wordt daarbij enerzijds uitgegaan van de "astronomische" standen vermeld in de "Getijtafels voor Nederland", uitgegeven door de Rijkswaterstaat [1]. Anderzijds wordt bij iedere verwachting het windeffect in rekening gebracht, volgens een methode berustend op formules, die in 1958 zijn afgeleid door WEENINK [2]. Op het aldus verkregen resultaat worden tenslotte, met name bij de kleinere windeffecten, nog enkele correcties toegepast, voor de aan de kust gelegen plaatsen in hoofdzaak bestaande uit een correctie voor de luchtdruk, voor de meer van de kust verwijderd gelegen plaatsen tevens bestaande uit een correctie voor de opperwaterafvoer van de Rijn en een correctie voor een additioneel windeffect ten gevolge van de lokale wind boven de zeearmen.

Voor de berekening van de hoog- en laagwaterstanden voor de plaatsen in het Zeeuwse deltagebied wordt dus in de eerste plaats uitgegaan van de berekening van de waterstanden aan de Noordzeekust. In de praktijk gebeurt dit voor de plaatsen Vlissingen en Hoek van Holland. De door WEENINK afgeleide windeffectformules zijn voor Vlissingen en Hoek van Holland vrijwel gelijklopend, zodat bij de berekening van de waterstanden voor bijvoorbeeld plaatsen gelegen aan de Grevelingen en de Oosterschelde (dus halverwege de lijn Vlissingen-Hoek van Holland) ook van één basiswaarde (het Noordzeewindeffect) wordt uitgegaan.

In de praktijk is gebleken, dat in de waterstandsverwachtingen voor de diverse plaatsen in het deltagebied regelmatig fouten voorkomen, die samenhangen met het niet gelijk zijn van de optredende waterstandsafwijking te Hoek van Holland en Vlissingen. Het leek daarom van belang, in verband met de nauwkeurigheid van de waterstandsverwachtingen in het deltagebied, na te gaan of inderdaad de afwijkingen ten opzichte van de in de getijtafels

vermelde "astronomische" standen van Vlissingen en Hoek van Holland wel gelijk kunnen worden ondersteld, en zo nee, de vraag te onderzoeken wat daarvan de oorzaak kan zijn.

In het hiernavolgende zijn de volgende symbolen gebruikt:

H = Hoek van Holland

V = Vlissingen

h = hoogte zeespiegel t.o.v. NAP

$\Delta h = h$ (opgetreden) - h (volgens getijtafel)

2. Verloop van Δh langs de kust

Zoals boven reeds gezegd, leveren de windeffectformules van WEENINK voor Vlissingen en Hoek van Holland vrijwel dezelfde resultaten. Het tijdstip van hoogwater is op de twee plaatsen echter niet gelijk; het valt te Vlissingen gemiddeld 1 uur vroeger dan te Hoek van Holland. Voor laagwater bedraagt dit tijdsverschil 1 à 2 uur. Slechts indien in een tijdsverloop van 1 à 2 uur voorafgaande aan het desbetreffende hoog- of laagwater boven de Noordzee een windverandering van betekenis zou optreden, zou dit tot uiting komen in het verschil tussen $(\Delta h)_V$ en $(\Delta h)_H$. Het tijdsverschil is echter zo klein, dat slechts bij een markante windverandering (bijv. t.g.v. een frontpassage) het verschil van enige betekenis kan zijn.

Het is nu van belang twee zaken te onderzoeken:

- a. $(\Delta h)_H - (\Delta h)_V$ voor een groot aantal gevallen met sterke oplandige wind;
- b. $(\Delta h)_H - (\Delta h)_V$ voor een groot aantal gevallen met zwakke wind.

ad a. Indien het gemiddelde van $(\Delta h)_H - (\Delta h)_V$ van een groot aantal gevallen met sterke oplandige wind niet 0 is, kan dit - behalve in het mogelijk niet gelijk zijn van de windeffectformules voor de twee plaatsen - zijn oorzaak vinden in diverse andere factoren. Eén en ander is uitvoerig besproken in een rapport van TIMMERMAN [3].

ad b. Indien gedurende een langdurige periode met betrekkelijk rustig weer $(\Delta h)_H - (\Delta h)_V$ wordt berekend voor alle hoogwaters, kan men een serie waarden verwachten, waarvan het gemiddelde 0 is en waarbij een spreiding rond het gemiddelde bestaat, die zijn oorzaak vindt in:

- 1. onnauwkeurigheden in de hoogwaterstanden vermeld in de getijtafel van Rijkswaterstaat;
- 2. onnauwkeurigheden in de meting van de opgetreden hoogwaterstanden.

(Zou men voor dergelijke dagen met rustig weer de grootheid $(\Delta h)_H$ of $(\Delta h)_V$ afzonderlijk beschouwen, dan moet men een grotere spreiding verwachten, die wordt veroorzaakt door kleine effecten, als luchtdruk, toevallige slingeringen in de Noordzee e.d. Door de grootheid $(\Delta h)_H - (\Delta h)_V$ te beschouwen, worden deze verschillen geëlimineerd).

Van de jaren 1963, 1964 en 1965 zijn alle dagen opgezocht, waarop gedurende het gehele etmaal de uurgemiddelde windsnelheid te Hoek van Holland ten hoogste 5 m/sec bedroeg. Dit was op 319 dagen het geval. Van de 608 hoogwaters van deze dagen is het gemiddelde van $(\Delta h)_H - (\Delta h)_V$ bepaald. Dit bedroeg -2 cm; de standaarddeviatie van de verzameling verschillen bedroeg 12 cm. Indien dus louter dagen met zodanig weinig wind worden beschouwd, dat het windeffect verwaarloosbaar klein is, dan blijkt nog op de meeste dagen $(\Delta h)_H - (\Delta h)_V \neq 0$, terwijl in 32% van de gevallen $|(\Delta h)_H - (\Delta h)_V|$ zelfs 12 cm of meer bedraagt.

Worden gedurende enige tijd achter elkaar de waarden $(\Delta h)_H - (\Delta h)_V$ berekend en grafisch uitgezet, dan blijkt dat er sprake is van "regelmaat". Men vindt op een serie achtereenvolgende dagen steeds positieve waarden van $(\Delta h)_H - (\Delta h)_V$ en tijdens een serie daaropvolgende dagen steeds negatieve waarden van deze grootheid.

Om dit nader te toetsen zijn daarom uit het tijdvak 1 augustus 1965 - 15 november 1965 dagelijks (ongeacht de windsnelheid aan de kust) de waarden $(\Delta h)_H - (\Delta h)_V$ berekend. Omdat er vrijwel altijd twee hoogwaters op één dag voorkomen, zijn deze twee waarden gemiddeld. In fig. 1 is het resultaat in beeld gebracht.

Afgezien van meetonnauwkeurigheden, waarover moeilijk een uitspraak kan worden gedaan, blijkt uit fig. 1 duidelijk dat een periodiciteit in $(\Delta h)_H - (\Delta h)_V$ aanwezig is. Een analoge figuur over de jaren 1963 en 1964 leverde dezelfde resultaten. Hoewel het duidelijk periodieke karakter van de kromme erop wijst, dat de oorzaak in de berekening van de "astronomische" hoogwaters moet worden gezocht (en dus niet in meetonnauwkeurigheden), is toch nagegaan of ook nog andere oorzaken een rol kunnen spelen. Aangezien de waterstanden te Hoek van Holland in geringe mate afhankelijk zijn van de afvoer van de Rijn, is gezocht of er een verband bestaat tussen deze afvoer en de kromme in fig. 1. Dit verband bleek niet aantoonbaar. Evenmin kon een relatie worden aangetoond met de hoogte van het hoogwater te Hoek van Holland (h_H), noch met $(\Delta h)_H$.

Tenslotte is voor de periode, weergegeven in fig. 1, eveneens het gemiddelde van $(\Delta h)_H - (\Delta h)_V$ en de standaarddeviatie hiervan bepaald. De uitkomst was resp. +5 cm en 15 cm.

Concluderend kan worden gesteld, dat op de dagen waarop - gezien de meteorologische omstandigheden - de hoogwaterstanden zich geheel zouden moeten houden aan de voorspelde waarden van de getijtafels, de standaarddeviatie van deze voorspellingen toch nog 12 cm bedraagt; voorts dat de onnauwkeurigheid in de getijtafels niet willekeurig in de tijd is, doch over meerdere dagen een zekere periodiciteit bezit, waarbij een periode kan worden afgeleid van omstreeks 28 dagen.

3. De variatie van Δh in de tijd

Uitgaande van de gedachte, dat de wisselingen van de diverse meteorologische systemen, die de grootte van Δh kunnen beïnvloeden, belangrijk trager verlopen dan de wisselingen in h tengevolge van de getijden, kan de verwachting worden uitgesproken, dat Δh , beschouwd op een vaste plaats gedurende enkele dagen achter elkaar, een vloeiend langzaam veranderend verloop moet hebben overeenkomstig de betrekkelijk langzame voortgang van de meteorologische gebeurtenissen. In fig. 2 is weergegeven de variatie van Δh gedurende een periode van 7 dagen; gekozen is hier het tijdvak 15 t/m 21 december 1960. Duidelijk blijkt, dat de variatie in Δh niet door meteorologische invloeden kan zijn veroorzaakt.

De waarden van de "astronomische" hoog- en laagwaterstanden worden in de getijtafels van de Rijkswaterstaat opgegeven in cm. Deze eenheid geeft de indruk, dat aan de voorspellingen een hoge mate van nauwkeurigheid mag worden toegekend. Dit wordt - althans voor Vlissingen en Hoek van Holland - niet bewaarheid, zoals uit fig. 2 blijkt. Aangezien het gedeelte van de getijkromme tussen de extreme standen in, slechts globaal bekend is, zijn daarom in fig. 2 alleen weergegeven de Δh -waarden voor hoog- en laagwater. Voor Vlissingen, dat de grootste amplitude bezit, komt de onnauwkeurigheid in de "astronomische" waarden van hoog- en laagwater het duidelijkst tot uiting. (De periode 15 t/m 21 dec. 1960, waarop fig. 2 betrekking heeft, werd gekenmerkt door zwakke winden boven de Noordzee). Hoewel minder vaak, komt ook in Hoek van Holland het hier besproken effect af en toe duidelijk naar voren, zoals blijkt uit fig. 3. De figuren vertonen een zodanige regmaat, dat een systematisch effect hier zeker een rol moet spelen.

4. Mogelijke correcties bij waterstandsvoorspellingen

De Rijkswaterstaat is verantwoordelijk voor de getijtafels in Nederland, zoals die elk jaar verschijnen. Het ligt op de weg van deze Dienst de oorzaak van de hier beschreven verschijnselen op te sporen.

Momenteel kan niet verder worden gegaan dan te pogen aan de hand van grafiekjes als hier weergegeven, de waterstandsverwachtingen enigszins te verbeteren. Met name voor de verwachtingen van afwijkingen t.o.v. de standen uit het getijboekje, die kleiner zijn dan 50 cm en die dagelijks door de meteorologische dienst te Zierikzee worden uitgegeven t.b.v. werken in het Nederlandse kustgebied, vooral voor deze verwachtingen lijkt enige verbetering mogelijk. Aan de hand van een grafiekje als weergegeven in fig. 2, getekend zowel voor Vlissingen als Hoek van Holland, zal eerst een schatting moeten worden gemaakt van de grootte van de getijtafelfout in de voorafgaande hoogwaters te Vlissingen resp. Hoek van Holland. Daarnaast kan door het dagelijks bijhouden van de grootte $(\Delta h)_H - (\Delta h)_V$ als in fig. 1, samen met de kennis van de geconstateerde periodiciteit, een schatting worden gemaakt van de te verwachten waarde van $(\Delta h)_H - (\Delta h)_V$. Hierna dient dan te worden beslist of en zo ja in welke mate een correctie op de waterstandsverwachting moet worden aangebracht.

Het is duidelijk, dat de getijtafelfouten zich relatief het sterkst laten voelen in weerssituaties met geen of slechts kleine waarden van het meteorologisch windeffect. Niettemin zullen de bovenbesproken grafiekjes ook in gevallen van grote opzetten tijdens NW-storm nog nut kunnen hebben. Bij een storm, die zich zou aankondigen op 29 oktober 1965 (zie fig. 1) zou men een andere waterstandsverwachting voor Vlissingen en Hoek van Holland moeten opstellen, dan wanneer deze zelfde storm zich had aangekondigd op 6 november 1965. (In deze beide gevallen blijkt de getijtafelfout voor Hoek van Holland gering en zou dus voor Vlissingen een correctie op het berekende windeffect moeten worden aangebracht op 29 oktober van -25 en op 6 november van +10 cm).

Tenslotte zullen de grafiekjes als in fig. 2 en 3 ook nuttig kunnen zijn, indien behalve hoog- ook laagwaterstanden verwacht moeten worden.

5. Conclusies

1. In het onderhavige verslag is een onderzoek ingesteld naar de nauwkeurigheid van de voorspelde "astronomische" waarden van hoog- en laagwater te Vlissingen en Hoek van Holland, zoals deze door de Rijkswaterstaat worden gepubliceerd in de "Getijtafels voor Nederland". De onnauwkeurigheden in

de voorspelde waarden worden in dit verslag slechts beschreven; het verbeteren van deze voorspellingen behoort niet tot de taken van het KNMI.

2. Uit een onderzoek over de jaren 1963, 1964 en 1965 blijkt, dat de standaarddeviatie van de in de getijtafels vermelde hoogwaterstanden voor Vlissingen en Hoek van Holland 12 cm bedraagt. De voorspelde waarden in het getijboekje, die in cm staan aangegeven, suggereren een te hoge nauwkeurigheid. Een opgave in dm zou wellicht beter op zijn plaats zijn.
3. De door TIMMERMAN [3] gevonden standaarddeviatie van 25 cm voor voorspellingen van waterstandsafwijkingen tijdens stormvloed voor de stations Vlissingen en Hoek van Holland moet geacht worden voor een deel te bestaan uit onnauwkeurigheden in de "astronomische" waterstanden.
4. Gebruikers van het boekje "Getijtafels voor Nederland" gaan volledig af op de hierin voorspelde waarden voor hoog- en laagwaterstanden. Afwijkingen hiervan worden zonder meer toegeschreven aan meteorologische oorzaken en afwijkingen van door een meteorologische dienst gegeven waterstandsverwachtingen worden zonder meer geweten aan een foutief inzicht van een meteoroloog.
Bekendstelling van de onnauwkeurigheid in de voorspelde astronomische waarden zou hier kunnen bijdragen tot een meer objectieve beoordeling van waterstandsverwachtingen.
5. Ook in officiële publicaties wordt vaak geen rekening gehouden met de onzekerheid in de astronomische getijkromme en worden niet zelden onjuiste conclusies getrokken. Als voorbeeld moge dienen de bewering over de mogelijk ernstige gevolgen bij de storm van 10 december 1965 op blz. 462 van het Driemaandelijks bericht Deltawerken van februari 1967.
6. Verbetering van de waterstandsverwachtingen voor het Zeeuwse deltagebied lijkt in bepaalde gevallen mogelijk, indien het verloop van Δh van de kuststations Vlissingen en Hoek van Holland van dag tot dag grafisch wordt bijgehouden.

Literatuur

1. Getijtafels voor Nederland, berekend bij de Directie Waterhuishouding en Waterbewerking van de Rijkswaterstaat, Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage.
2. M.P.H. Weenink, A theory and method of calculation of winds on sea levels in a partly-enclosed sea, with special application to the southern coast of the North Sea, Diss. 1958.
3. H. Timmerman, Waterstanden langs de Nederlandse kust, Verslag KNMI V-174 1965.

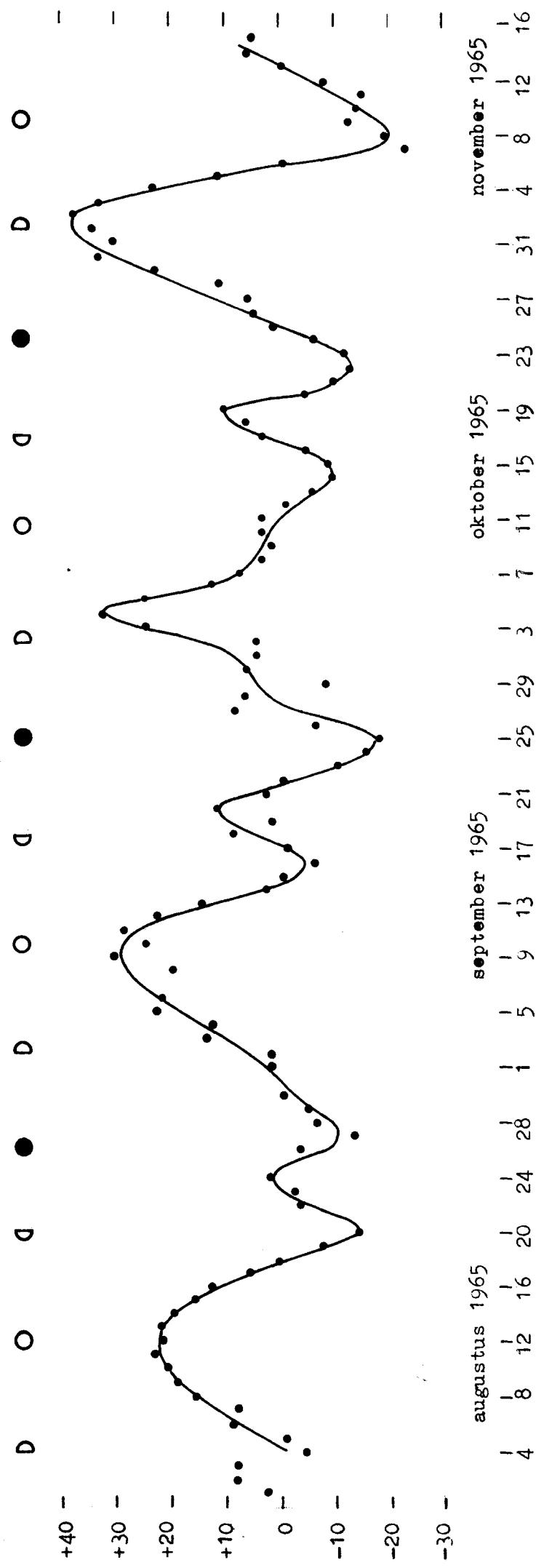


Fig. 1. Dagelijkse waarden van $(\Delta h)_H - (\Delta h)_V$ in de periode 1 aug. - 16 nov. 1965.

Δh

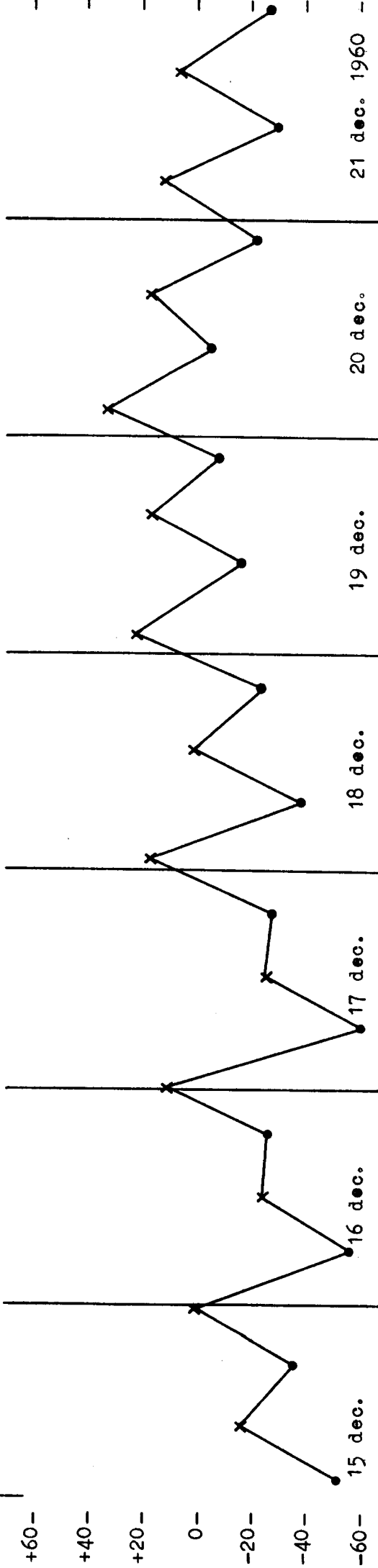


Fig. 2. Verschil Δh tussen opgetreden astronomische HW (x) en LW (.) in de periode 15-21 dec. 1960 te Vlissingen.

Δh

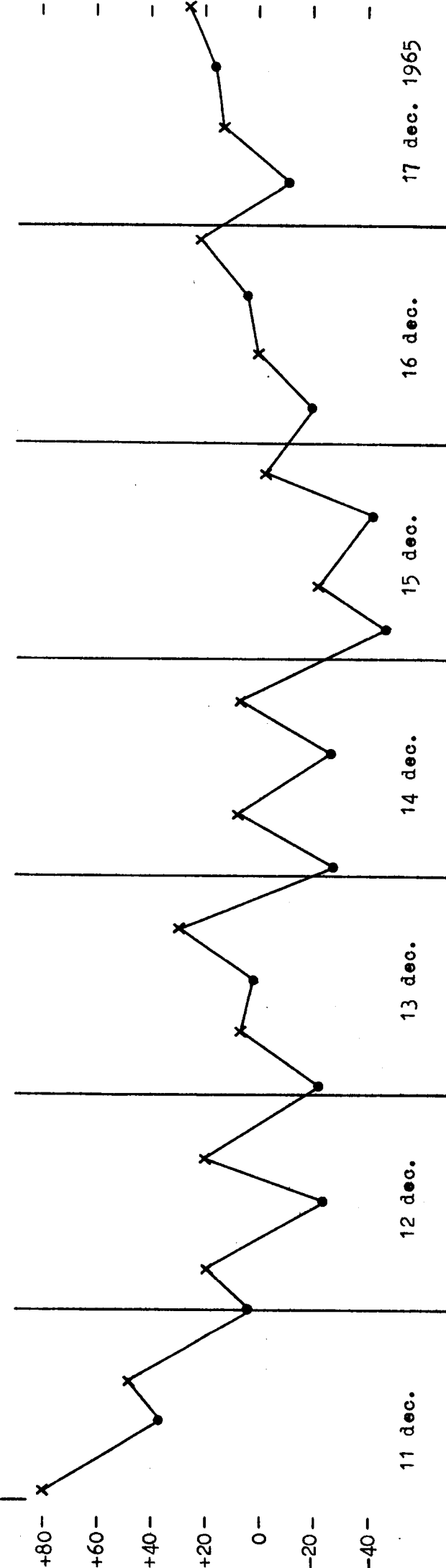


Fig. 3. Verschil Δh tussen opgetreden en astronomische HW (x) en LW (.) in de periode 11-17 dec. 1965 te Hoek van Holland.