

ORIGIN AND EFFECTS OF LONG PERIOD WAVES IN PORTS.

Ir. P.J. Wemelsfelder.

Nederlandse versie van de in de Engelse taal ingezonden bijdrage voor Communication I, section II (Ocean navigation) XIX th International Navigation Congress London, juli 1957.

1. Situatie van de in dit artikel voorkomende havens en getijstations.

Nederland heeft 400 km kustlengte aan de Noordzee en verscheidene estuaria, zeearmen of ondiepe randzeeën, waaraan diverse havens zijn gelogen. Dit gehele gebied is blootgesteld aan de normale dagelijkse getijbeweging, die hier van uitgesproken halfdaags lunair karakter is, aan de van zee komende normale windgolven en aan de stormvloeden. Daarnaast komen voor langperiodische slingeringen, waarvan de perioden gelegen zijn tussen enkele minuten en 60 à 70 minuten of nog langer. Omtrent de laatste categorie wordt hier een overzicht gegeven en worden nadere beschouwingen naar voren gebracht.

De gegevens zijn in hoofdzaak ontleend aan de door peilschrijvers opgetekende getijkrommen. In totaal zijn er in het hier te beschrijven gebied 30 peilmeetstations voorzien van door vlotters aangedreven peilschrijvers. De peilhuisjes hebben peilputten, die zodanig zijn afgedempt, dat de windgolven, die aan de Nederlandse kust bij storm perioden hebben van 6 à 8 sec. en als uiterste 10 à 12 sec. bij orkaan, niet op de registratie te zien zijn. Soms ook komen slingeringen van 2 à 5 minuten nog niet goed door. Maar de grotere perioden in het algemeen wel volledig.

De ligging der in deze verhandeling te noemen getijmeters is nader te zien in fig. 1.

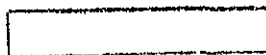


fig. 1

Situatie van de Nederlandse kust en de in het getijgebied geplaatste peilschrijvers.

2. Eigen slingeringen van havens of havenseiches.

Van de 30 in het getijgebied staande peilschrijvers bevinden er zich slechts 9 in havens en tevens op een zodanige plaats, dat zij iets omtrent de eigen schommelingen registreren.

In figuur 2 worden enige voorbeelden van zulke haven-seiches weergegeven en wel voor de havens Harlingen, IJmuiden, Vlissingen, Terneuzen en Hansweert. De laatste drie, omdat zij aan één zeearm, namelijk de Westerschelde, zijn gelegen, waarmede dan tevens op duidelijke wijze het bewijs kan worden geleverd, dat er een diepgaand verschil is tussen haven-seiches en langzame slingeringen, die uit de Noordzee komen.

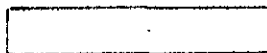


fig. 2
Haven-seiches te Vlissingen, Terneuzen, Hansweert en Harlingen.

In fig. 3 wordt weergegeven de vorm en schaal van deze 5 havens en de ligging van de getijmeters.

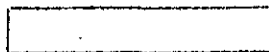


fig. 3
Situaties van de havens Harlingen, IJmuiden, Vlissingen, Terneuzen en Hansweert.

De haven-seiches van het type als weergegeven in figuur 2, komen veelvuldig voor, zowel bij stormachtig als bij betrekkelijk rustig weer. Vaak zijn deze slingeringen bijzonder persistent, dat wil mede zeggen weinig of niet gedempt. Er komen soms 20 van zulke slingeringen in successie voor, (tezamen de haven gedurende 3 uren onafgebroken in volstrekt regelmatige slinging houdende), waarvan fig. 2 tweemaal een voorbeeld geeft.

Deze haven-seiches zijn geheel onafhankelijk van de bewegingen van het buitenwater. Uiteraard moet de eerste impuls van buiten komen. Die eerste impuls kan een van zee of rivier komende kleine storing zijn, zoals er doorlopend vele zijn, vooral wanneer er enige wind staat.

In verreweg de meeste gevallen worden haven-seiches bevestigd niet in stand gehouden door uitwendige oorzaken. Ook in waterloopkundige modellen worden zij vrijwel steeds geconstateerd. Maar in zulke modellen wekt de golfmachine nimmer golven op met perioden gelijk aan die van de haven-seiches.

Haven-seiches komen hier aan de gang door de vele kleine storingen en onregelmatigheden, die elke wateroppervlakte van nature eigen is. En zo is het ook met de haven-seiches in werkelijkheid.

De perioden van deze haven-seiches zijn opgemeten en wel met inachtneming van de momentele waterstand. De resultaten daarvan zijn grafisch weergegeven in fig. 4. Hierin is vertikaal uitgezet de waterstand ten opzichte van NAP, zijnde ongeveer de gemiddelde zeespiegel. Horizontaal zijn aangegeven de gemiddelden van groepen golfperioden als aangegeven in fig. 2.

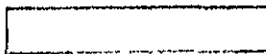


fig. 4

Perioden van haven-seiches
uitgezet tegen de hoogte
van de waterspiegel.

Uit deze figuur zijn twee belangrijke kenmerken van de haven-seiches af te lezen. In de eerste plaats blijkt uit de drie lijnen voor de Westerschelde, dat de perioden der 3 havens aanmerkelijk verschillen. Bij gemiddelde waterstand (ongeveer NAP) wordt gevonden:

Vlissingen	12 min.
Terneuzen	8 min.
Hansweert	11 min.

Het is zonder meer duidelijk, dat deze karakteristieke slingeringen noch uit zee komen noch kunnen worden toegeschreven aan langslingeringen op de Schelde. Uiteraard worden zij op gang gebracht door een storing van uit zee of op de Schelde. Doch deze storingen zetten de havens aan het slingeren, ieder in de eigen periode.

In de tweede plaats blijken de punten opvallend regelmatig op een rechte lijn te liggen (fig. 4). Er is dus een uitgesproken afhankelijkheid van de waterhoogte, hetgeen nader inhoudt: van de diepte. Noemen wij de hydraulische diepte D en de slingerlengte van de haven aL , dan zal bij slingering in $\frac{1}{4}$ golflengte gelden:

$$T = \frac{4 \cdot aL}{\sqrt{gD}}$$

De factor a zal groter zijn, naarmate meer oppervlakte meeslingert.

De helling van de rechte lijnen in fig. 4 geeft een belangrijke informatie over de grootheden D en aL , zonder dat daarvoor gedetailleerde kennis van de haven nodig is.

Uit fig. 4 kan nl. worden afgelezen de slingertijd T' voor een diepte van $D+2m$ en evenzo T'' voor een diepte van $D-2m$. Deze beide waarden van T verhouden zich tot elkaar als in de formule:

$$\frac{T'}{T''} = \sqrt{\frac{D-2}{D+2}}$$

Hier kan D uit worden berekend. En met deze waarde van D wordt aL gevonden:

$$aL = \frac{1}{4} T \sqrt{gD}$$

De aldus berekende waarden van D en aL zijn weergegeven in de volgende tabel. Tevens zijn vermeld de diepten in de scheepvaartgeul, die uiteraard aanzienlijk groter zijn dan de hydraulische waarden D en de afstand L van de mond van de haven tot het gesloten einde.

	T (min.)	T'' (min.)	D (m)	aL (m)	diepte in scheep- vaart- geul (m)	haven- lengte L (m)
Vlissingen	9,8	14,3	5,70	1350	8,5-13	1300
Terneuzen	6,9	9,0	7,70	1050	5,50	625
Hansweert	8,5	13,0	5,00	1150	6,25	700
Harlingen	7,0	10,2	5,50	950	6,40	1000

In Vlissingen en Harlingen is de waarde van a bijna gelijk aan 1. Voor Terneuzen en Hansweert aan ongeveer 2, hetgeen geheel kan worden verklaard uit de meeslingerende oppervlakte.

In het algemeen hebben de haven-seiches amplituden van slechts weinige centimeters. Bij uitzondering lopen zij op tot 15 cm of op zijn allerhoogst tot 20 cm. Wel zijn er in de haven IJmuiden aanmerkelijk grotere amplituden. Doch dit is een bijzonder geval waaromtrent in § 4 en 5 nadere gegevens worden verstrekt. Dat de scheepvaart of het havenbedrijf van deze seiches hinder zou ondervinden is mij nimmer ter ore gekomen. Als vrijwel zeker kan hier worden medegedeeld, dat in geen der Nederlandse havens maatregelen zijn getroffen, en naar mijn weten ook nimmer overwogen (behoudens dan voor IJmuiden, waarover nader in 7), om deze seiches te onderdrukken of een of andere nadelige uitwerking op te heffen.

Wel is gebleken, zowel uit metingen als uit modelonderzoekingen, dat het in- en uittrekken van de vullingsstroom van sterk slibhoudend water de aanslibbing van een haven nadelig beïnvloedt. Aangezien echter de mond van een haven toch reeds zo wordt gelegd, dat de uitwisseling van slibhoudend buitenwater en het reeds bezonken water in de haven zoveel mogelijk wordt beperkt, leidt het optreden van seiches niet tot nieuwe accenten in dit opzicht.

3. Long period waves op de Rotterdamse Waterweg.

Naast de haven-seiches komen er in het Nederlandse kustgebied voor langzame schommelingen van de gemiddelde zeestand. Hiervan zal worden aangetoond, dat zij hun oorsprong hebben in zee. Hun algemeen karakter kan het beste worden beschreven aan de hand van de getijkrommen, geregistreerd tijdens de stormvloed van 30-31 december 1943 en hier weergegeven in de figuren 5, 6, 7 en 8 en de stormvloed van 29-30 december 1942 weergegeven in fig. 9.

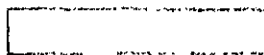


fig. 5

Bij de storm van december 1943 bewegen zich een 33 tal zeeschommelingen als zelfstandige verschijnselen van zee naar Rotterdam over een afstand van 31 km.

In fig. 5 zijn van de stormvloed van 30-31 december 1943 gegeven de getijkrommen opgenomen in 4 plaatsen langs de Rotterdamse Waterweg. Uit deze figuur blijkt hoe tijdens deze storm schommelingen van soms amplituden van 20 cm van zee uit Hoek van Holland bereiken.

Deze schommelingen vertonen een opvallende regelmaat in het bijzonder tussen 17 en 22 uur van 30 december en tussen 6 en 10 uur van 31 december. Door die regelmaat zou men kunnen denken, dat hier sprake moet zijn van haven-seiches. Daar is echter in dit geval geen sprake van, omdat de peilmeter te Hoek van Holland zich vrij aan een strakke oever direct in de rivier bevindt. Ook de peilschrijvers te Maassluis, Vlaardingen en Rotterdam bevinden zich direct in de rivier, zodat ook hier haven-seiches geheel zijn uitgesloten.

De bij elkaar behorende golftoppen zijn door middel van trapjeslijnen verbonden. Over de gereproduceerde termijn van 28 uur zijn er zo 33 uitgesproken golven geweest, waarvan het individueel verloop naar binnen toe kan worden aangewezen. De looptijd van Hoek van Holland-Rotterdam blijkt bij het opmeten van de tijden iets te variëren met de waterstand. Het algemeen gemiddelde is 59' en de gemiddelde waterstand over het betreffende tijdvak 0,70 + NAP. De hydraulische diepte bij NAP wordt gevonden uit:

$$\sqrt{g(D + 0,70)} = \frac{\text{afstand Hoek v. Holland-Rotterdam}}{\text{looptijd}}$$

$$\frac{31260 \text{ m}}{59 \times 60 \text{ sec.}}$$

De voortplantingssnelheid bij NAP is:

$$u = \sqrt{gD} = 8,4 \text{ m/sec.}$$

Opmerkelijk is, dat deze schommelingen een grotere voortplantingssnelheid hebben dan de getijbeweging, zoals het volgende staatje nader aangeeft. De looptijd voor de afstand Hoek van Holland Rotterdam is nl.:

Long period waves	62 min.
M ₂ getij	53 ⁰ of 110 min.
Hoogwater	109 min.

4. Overeenkomstige schommelingen langs de gehele kust.

Van de in onderzoek genomen storm zijn voor een willekeurig gedeelte, gelegen tussen 20 uur 30 december en 8 uur 31 december, de getijkrommen gereproduceerd van 9 plaatsen langs de kust, uitgestrekt over een afstand van 400 km: fig. 6.

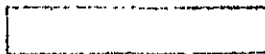


fig. 6

De simultane getijkrommen voor de stormvloed van 30-31 december 1943 van 9 peilschaalstations, gelijkmatig verspreid langs de Noordzeekust.

Aan deze reproductie vallen de volgende inzichten te ontleenen:

- a. Alle krommen tonen langzame schommelingen, zij het aan de westelijke stations met grotere amplituden dan aan de noordelijke. Hierbij zij opgemerkt, dat Harlingen en Terschelling aan de westelijke Waddenzee en Delfzijl aan de Eems zo gelegen zijn, dat de Noordzeegolven hier nauwelijks kunnen doordringen;
- b. In de figuur zijn genoteerd de perioden van vele individuele golven of groepjes van golven. Men ziet hieruit, dat de perioden vrij willekeurig variëren tussen 20' en 65'. Het gewogen gemiddelde van alle bijgeschreven perioden is rond 35'.
- c. Van bijzondere betekenis is het, dat blijkbaar deze schommelingen kunnen vervallen in een algehele willekeur van opeenvolging, zoals voor het lijnstuk Brouwershaven, doch af en toe een merkwaardige regelmaat kunnen vertonen. Zo bijvoorbeeld toont Hellevoetsluis een reeks van 5 golven van 42'; Hoek van Holland heeft er 4 van 40' en 5 van 37'; IJmuiden 4 van 40' en 9 van 33'; Den Helder heeft er 9 van 32'.
- d. Er kan praktisch geen enkele correlatie worden aangetoond tussen de perioden in één station en die van stations ten zuiden of ten noorden van het betrokken station. Ook ten aanzien van de amplituden kan geen correlatie worden aangetoond.

Met dit voorbeeld, dat met vele andere kan worden aangevuld, is aangetoond, dat deze tweede soort trage schommelingen (met perioden tussen globaal 25' en 50') uit de Noordzee komen.

Intussen vertoont het betreffende verschijnsel toch nog een extra accent te IJmuiden. Zij komen namelijk te IJmuiden veelvuldiger voor en met een amplitude, die vaak groter is dan in andere plaatsen of havens. Het heeft onder deskundigen een zekere faam als "de halingen van IJmuiden".

In het algemeen worden zij gehouden voor haven-seiches van deze uitgebreide haven. De overgelegde waarnemingen van de gehele kust doen evenwel zien, dat de schommelingen te IJmuiden van een geheel ander karakter zijn, dan die genoemd in paragraaf 2.



fig. 7

Frappante zeeschommelingen te Hoek van Holland, IJmuiden en Den Helder, stormvloed 30 - 31 december 1943.

Beziet men de gehele registratie van de getijbeweging te IJmuiden bij de storm van 30 - 31 december 1943, dan valt bijzonder sterk op de uitermate regelmatige en krachtige reeks trage golven tussen 16 en 22 uur. Voor ieder, die de golfbeweging te IJmuiden tot nu toe op zich zelf beschouwde, kon dan ook de gedachte aan zeer krachtige haven-seiches niet uitblijven.

Vergelijken wij echter de schommelingen te IJmuiden met die tussen 16 tot 22 uur te Hoek van Holland, dan vinden wij daar de eveneens sterk geprononceerde reeks schommelingen waarvan reeds in fig. 5 werd nagegaan op welke wijze deze zich over de Rotterdamse Waterweg naar Rotterdam bewogen.

Zelfs de perioden te IJmuiden en Hoek van Holland zijn praktisch gelijk, namelijk 38' als gemiddelde van 7 golven te Hoek van Holland en 37' te IJmuiden, hetgeen er ondubbelzinnig op wijst, dat de bijzondere regelmaat van de golven te IJmuiden niet mag worden toegeschreven aan de vorm of afmetingen van de haven aldaar.

Men zou nu verder kunnen denken, dat aan de 7 golven van 38' perioden te Hoek van Holland welhaast identiteit zou kunnen worden toegekend met de 7 golven van 37' periode te IJmuiden. In fig. 7 ligt een waarschuwing dit niet te doen. Zo gaan aan de bewuste reeks te IJmuiden nog 2 golven vooraf die er niet zijn te Hoek van Holland. Te Hoek van Holland is er om 18^u een golfperiode van bijna een uur waarmede niet een even grote periode te IJmuiden overeenkomt. Voorts is er te Hoek van Holland omstreeks middernacht een krachtige golfbeweging, daarentegen te IJmuiden een naar verhouding kalme toestand.

Vermeld zij nog, dat de gemiddelde waarde van alle bij deze storm opgemeten perioden omstreeks 35' bedraagt. De hoogte van de grootste golven te IJmuiden bedraagt 75 cm. Dat de amplituden te Den Helder zoveel kleiner zijn, kan worden toegeschreven aan de ligging van de peilschrijver aan het Marsdiep. Dat wil zeggen aan de verbindingsgeul van de Noordzee met de Waddenzee, waar deze schommelingen van de Noordzee teniet lopen. Er worde op gewezen, dat de long period waves, die uit zee komen, vrijwel even veelvuldig optreden bij laagwater als bij hoogwater. Een ander leerzaam voorbeeld van langperiodische golven geeft fig. 8.



fig. 8
Langperiodische Noordzeegolven gedurende de stormvloed 29-30 december 1942.

Er zijn wederom vele verschillende perioden en vooral veel meer van korte duur dan bij de storm van 1943. Men lette erop, dat een groep van krachtige schommelingen tussen 23 en 3 uur te Hoek van Holland samenvalt met een vrijwel rustige episode te IJmuiden. Datzelfde doet zich voor in de episode van 14 tot 17 uur van 30 december. Daarentegen heeft IJmuiden enige forse regelmatige golven tussen 17 en 20 uur van 30 december, terwijl Hoek van Holland gedurende die tijd een vrij strakke kromme geeft.

Tenslotte nog als voorbeeld van Noordzeegolven de registratie van een pneumatische getijmeter te Vlietepolder (fig. 9) alwaar elke beïnvloeding door havens of anderszins is uitgesloten.

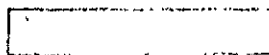


fig. 9
Registratie van de geheel aan de strakke kust gelegen pneumatische peilschaal Vlietepolder, 29 oktober 1956.

De amplituden zijn in dit geval slechts 10 à 15 cm, daar zich tussen de zee en de peilschrijver een gebied met uitgestrekte zandbanken bevindt, dat als verantwoordelijk beschouwd moet worden voor de verkleining van de uit open zee komende schommelingen. Hier zijn dan ook deze langperiodische schommelingen bij hoogwater sterker dan bij laagwater.

5. Resonantie te IJmuiden.

De haven IJmuiden (fig. 3) is een complex van wateroppervlakten. De buitenhaven vertoont vaak haven-seiches van ongeveer 6' met amplitudes van een paar centimeter. Doch de haven als geheel kan ook een veel grotere slingerijd hebben. De grootste afstand in de haven is die van de koppen der pieren tot de Noordersluis, zijnde 3,6 km. Dit stuk kan door langperiodische golven van de zee in slingering worden gebracht.

Uit de registraties van de serie peilschrijvers langs de kust is de periode van slingering van de zee opgemeten. Gevonden werd dat deze periode gemiddeld 35' bedraagt. De perioden zijn ook te IJmuiden ca. 35' en klaarblijkelijk van dezelfde aard. De amplituden zijn echter vaak zeer groot. Het is duidelijk, dat deze zeer grote amplitude veroorzaakt wordt door resonantie. Voor zover bekend is de periode van de "havenseiches" van het gehele havencomplex, precies dezelfde als de gemiddelde waarde van de Noordzeeschommelingen. In ons geval is het resultaat van een resonantie een grote amplitude. De gemiddelde periode van 80 uitgezochte golven van grote amplitude (in hoofdzaak dus golven met goede resonantie) bleek 36' te zijn. De gemiddelde waarde van 720 niet geselecteerde golven was 35'. Er is dus geen enkele reden om te veronderstellen, dat de eigen periode van de haven te IJmuiden anders is dan die van de Noordzeeschommelingen. Dit betekent, dat $\frac{1}{4}$ golflengte hier 3,6 km is en de gehele golflengte rond 15 km.

Inderdaad zal dus mogen worden aangenomen, dat de amplituden van de zeeschommelingen te IJmuiden aan de Noordersluis versterkt worden waargenomen wegens zeer gunstige resonantie-situatie. Men kan echter in dit geval niet spreken van havenseiches, zoals dit is gedaan in paragraaf 2 voor Vlissingen, Terneuzen, Hansweert en Harlingen. Immers, daar vertonen de seiches zich als zelfstandige slingeringen van de haven. Zij vertonen o.a. een bijzondere starre regelmaat.

Te IJmuiden daarentegen is er slechts dan sprake van grote regelmaat, wanneer die zich (toevallig) ook in de zeeschommeling voordoet. Van blijven slingeren in de eigen frequentie schijnt weinig sprake te zijn. Vermoedelijk is dus de vorm van de haven voor deze 35' slingering niet erg gunstig en is de demping van deze slingering waarschijnlijk vrij groot. Niettemin kunnen deze slingeringen te IJmuiden oplopen tot 75 cm (1943), terwijl bijvoorbeeld te Hoek van Holland geen grotere is gemeten dan 40 cm.

6. Buigtheid als oorzaak van de zeeschommelingen.

In de paragrafen 3 en 4 is aangetoond, dat er bij storm langperiodische schommelingen vanuit de Noordzee op onze kusten aankomen. De perioden liggen meestal tussen 25' en 50'.

De opeenvolging van de schommelingen is over het algemeen wisselvallig en er is ook geen enkele directe correlatie te bespeuren tussen de schommelingen aan de diverse peilmeters. De horizontale uitgebreidheid dezer schommelingen zal dus wel geacht moeten worden kleiner te zijn dan 30 km.

Het ligt voor de hand het ontstaan dezer schommelingen te zoeken in de bij storm optredende buigigheid. Naar bekend vertonen de windsnelheden bij storm allerminst een stabiel karakter. Daar zijn, naast de snelle wisseling der vlagen, ook verschillende langzamere pulsaties, die met buien worden aangeduid. Zij hangen samen met de instabiliteit van de luchtbeweging en de min of meer periodieke doorbraak van grotere luchtsnelheden uit de hogere luchtlagen tot op de zeespiegel. De willekeur in de opeenvolging van de hiermede samenhangende zeespiegelschommelingen, zowel naar grootte als naar periode, is hiermede in goede overeenstemming. In dit kader is het een verrassend element het bestaan te constateren van soms merkwaardig regelmatige en persistente schommelingen.

Uiteraard zijn macroscopische golven tussen de hogere luchtlagen en de lagere, waarbij een natuurlijke periode van 25' à 50' zou optreden denkbaar. Bij geringe windsnelheden komen golfvormige bewegingen algemeen voor. Verschillende soorten wolkvormingen getuigen daarvan.

7. Betekenis van de gesignaleerde long period waves voor de Nederlandse havens.

De haven-seiches zijn in Holland slechts aan wetenschapsmensen bekend uit modelonderzoek en getijregistraties. Zij zijn echter in alle Nederlandse havens van zo geringe importantie, dat zij praktisch geheel aan de aandacht van de zeescheepvaart en havenbeheer ontsnappen. Er zijn dan ook in geen enkele haven hier te lande ooit maatregelen genomen of aan de orde gesteld om deze haven-seiches te beperken of nadelige gevolgen op te heffen.

Wat de zeeschommelingen betreft, deze zijn eveneens bij volen, bij de scheepvaart betrokken, tot nu toe onbekend of worden zóózeer opgevat als onverbreekelijk samenhangend met een storm, dat men ze niet bewust als een eigen categorie van verschijnselen karakteriseert. Het meest nog worden scheepvaart en havenbedrijf met deze zeeschommelingen geconfronteerd in de haven IJmuiden. Toch zijn deze schommelingen ook hier slechts in beperkte kring bekend. Bovendien worden zij geheel vereenzelvigd met haven-seiches. Tot nu toe zijn ook in de haven IJmuiden nimmer werken uitgevoerd of maatregelen genomen tot beteugeling van deze schommelingen.

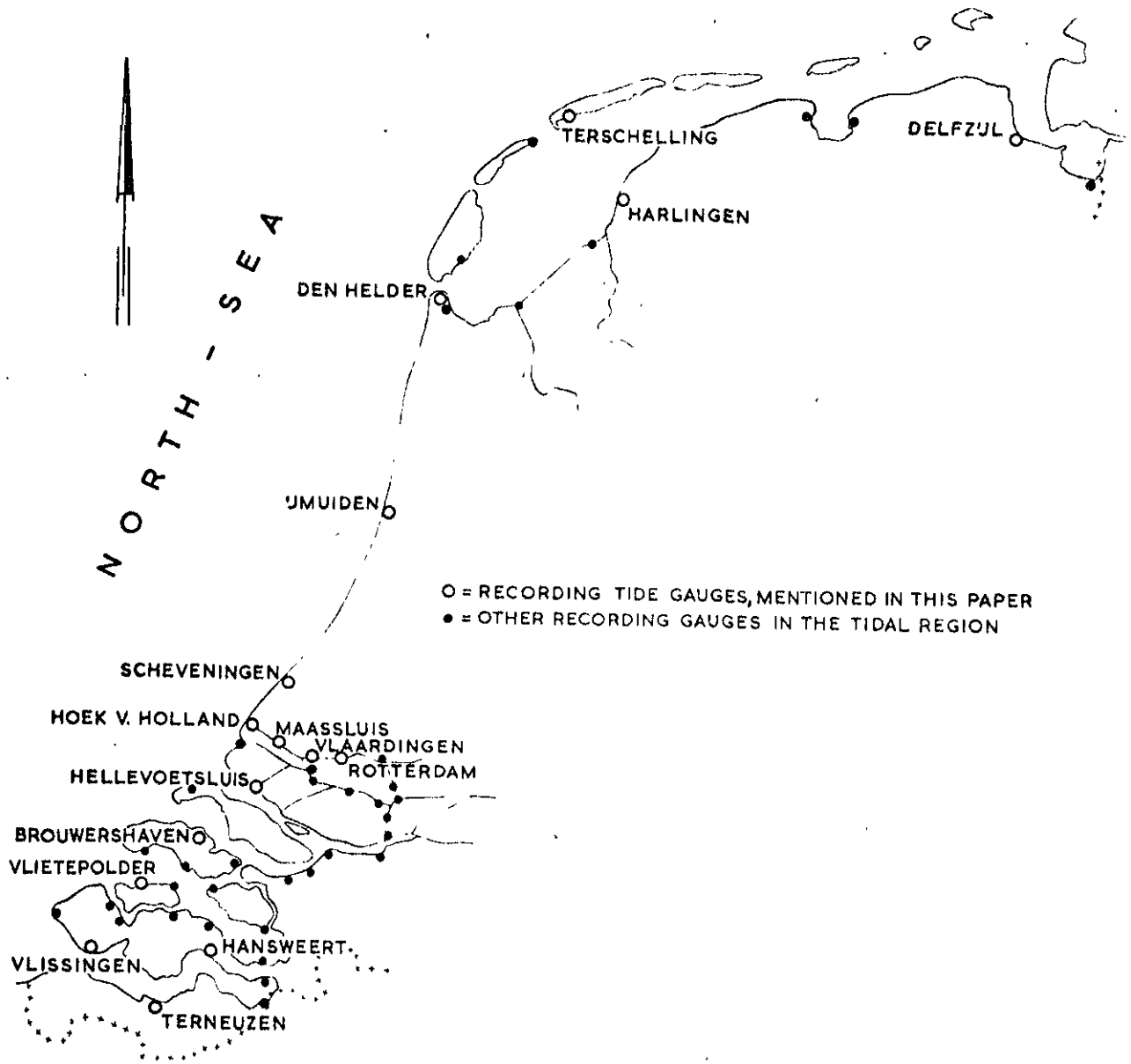
Het thans omtrent deze zeeschommelingen ingestelde onderzoek kan echter juist voor IJmuiden van betekenis worden. In overweging is nl. om te IJmuiden één of twee nieuwe havenhoofden te gaan bouwen. Uiteraard zullen ten behoeve van de nadere vormgeving uitgebreide modelonderzoekingen worden ingesteld. In havenmodellen worden de bekende havenseiches veelal voortreffelijk gereproduceerd. Wanneer alleen zou worden afgegaan op de natuurlijke eigen slingeringen van deze haven, enerzijds in de bestaande toestand, anderzijds in geprojecteerde nieuwe toestanden, kan men tot misleidende conclusies komen. Het is duidelijk, dat deze long period waves mede opgenomen moeten worden in de initiaal waterbeweging, die in het model zal worden opgewekt!

De mogelijkheid is niet uitgesloten, dat uit geprojecteerde wijzigingen zou blijken, dat zij de nieuwe haven beter doen resoneren met deze zeeschommelingen of deze met meer energie naar binnen toe zouden kunnen geleiden.

Het benutten van de juiste cijfers omtrent deze zeeschommelingen bij het verrichten van modelproeven en vormgeving van een belangrijke zeehaven is het eerste geval van die aard, dat zich in de geschiedenis van de Nederlandse zeehavenbouw voordoet.

's-Gravenhage, 11 december 1956.

NORTH - SEA



O = RECORDING TIDE GAUGES, MENTIONED IN THIS PAPER
• = OTHER RECORDING GAUGES IN THE TIDAL REGION

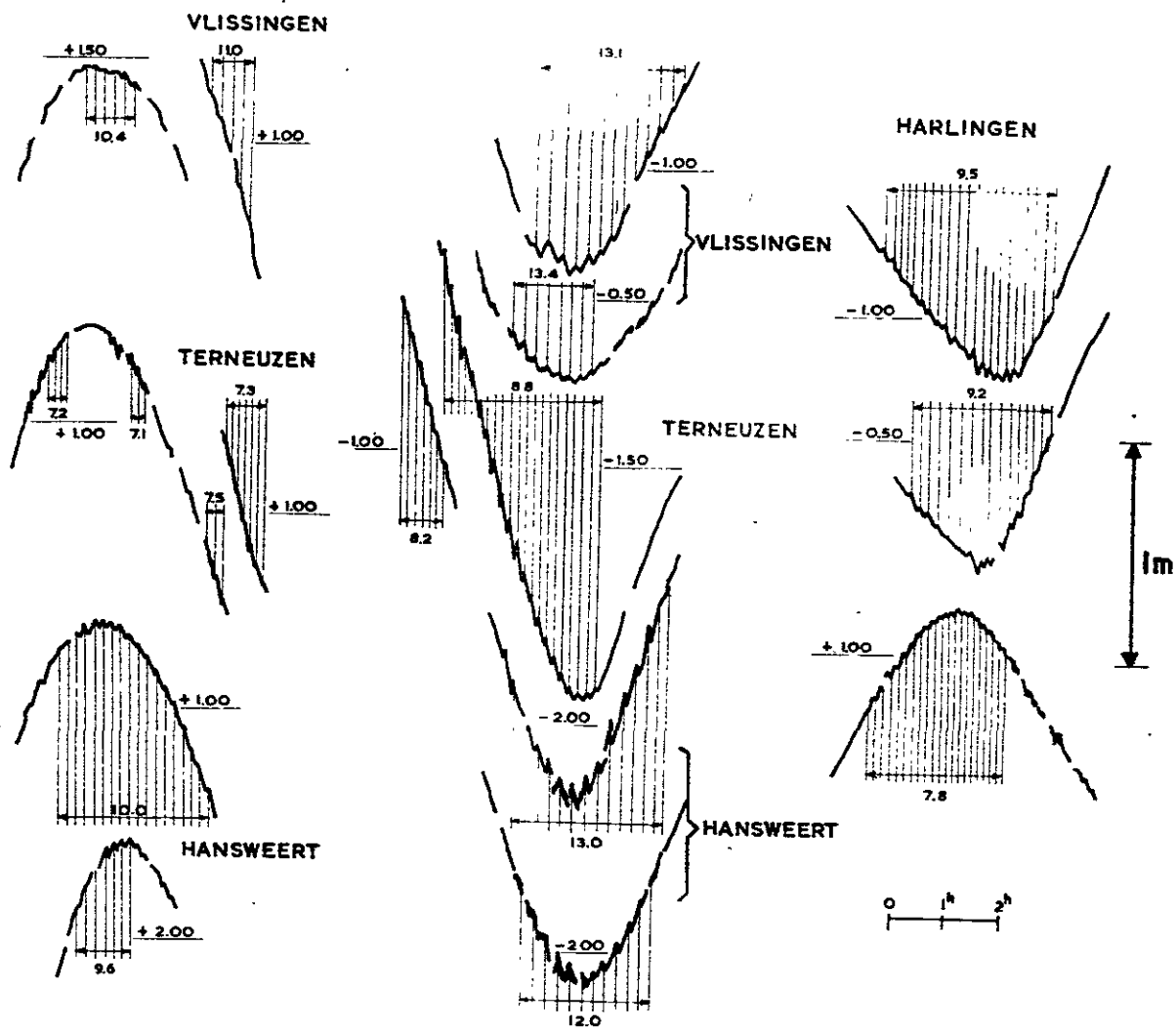


FIG.2 Harbour sections at Vlissingen, Terneuzen, Hansweert and Harlingen.

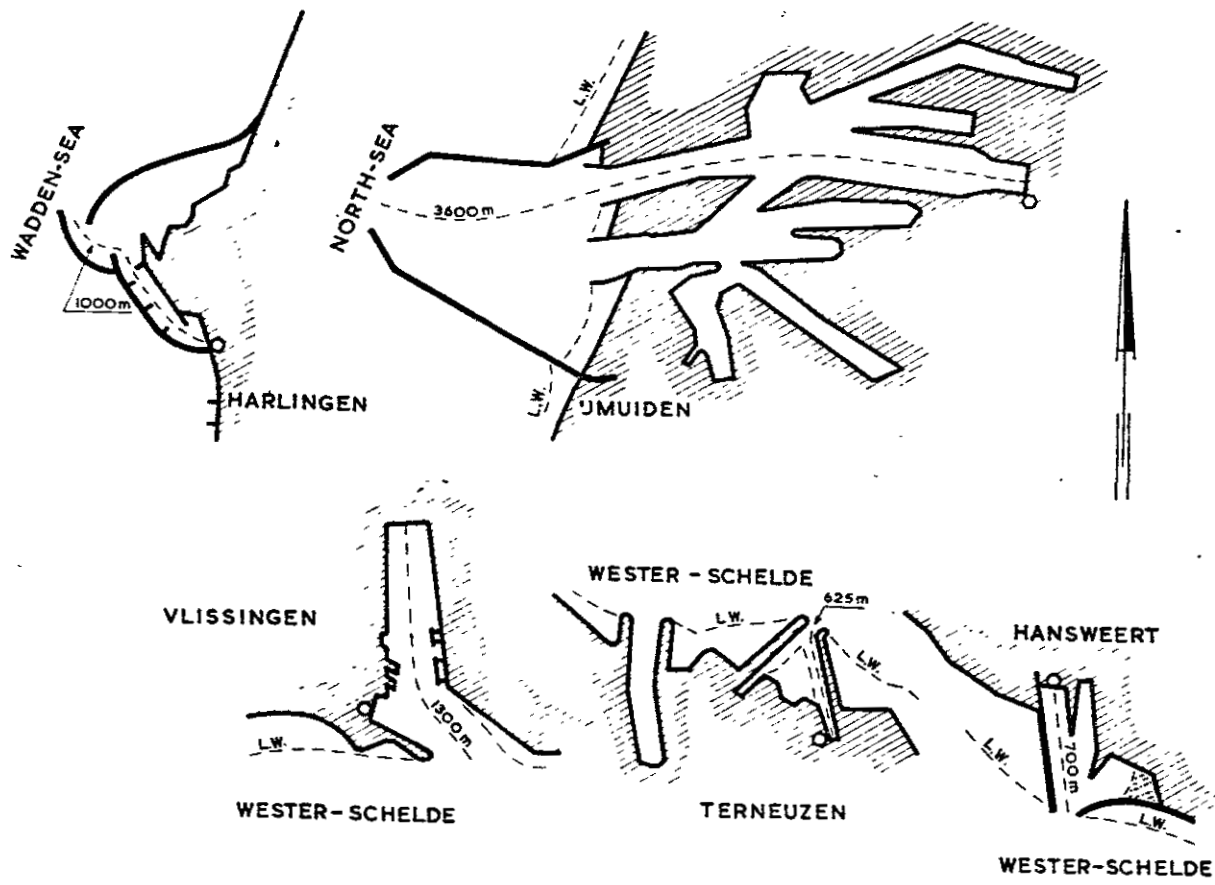
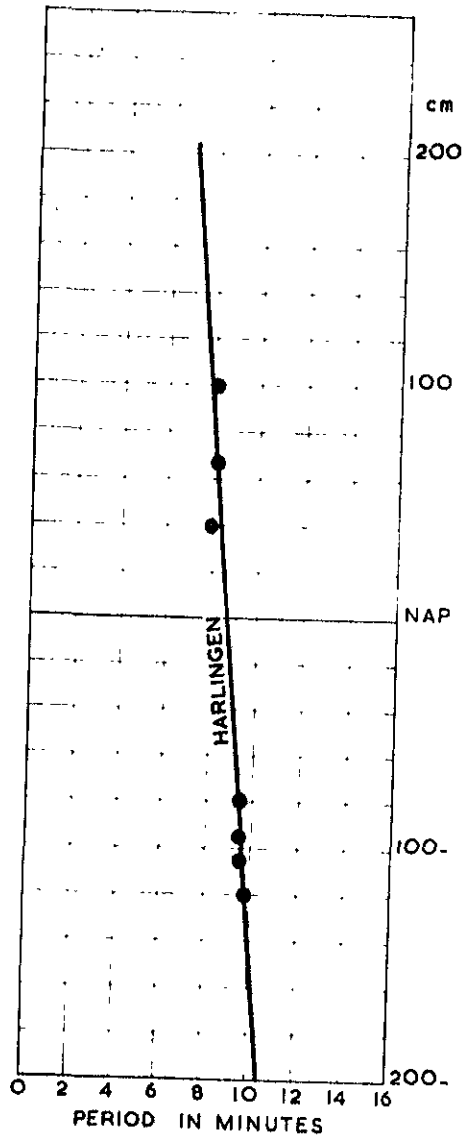
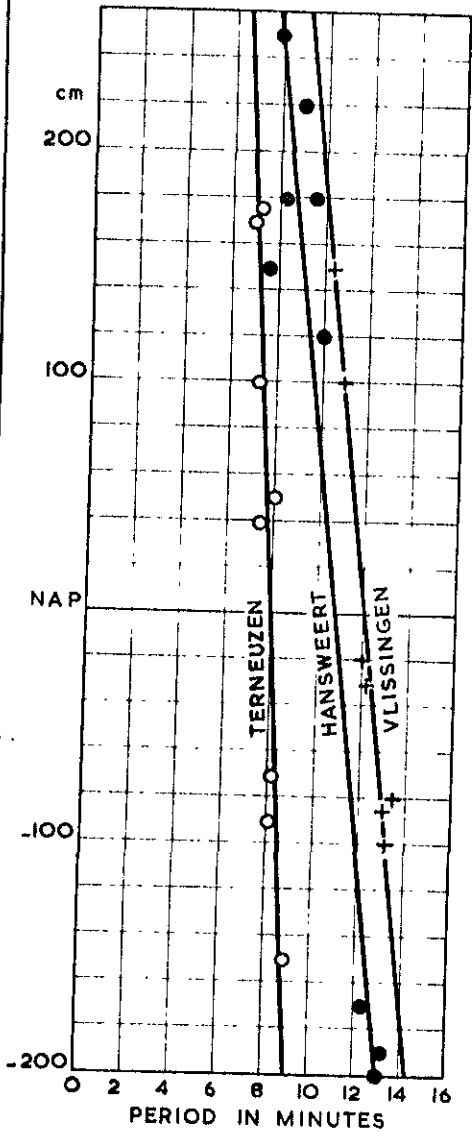
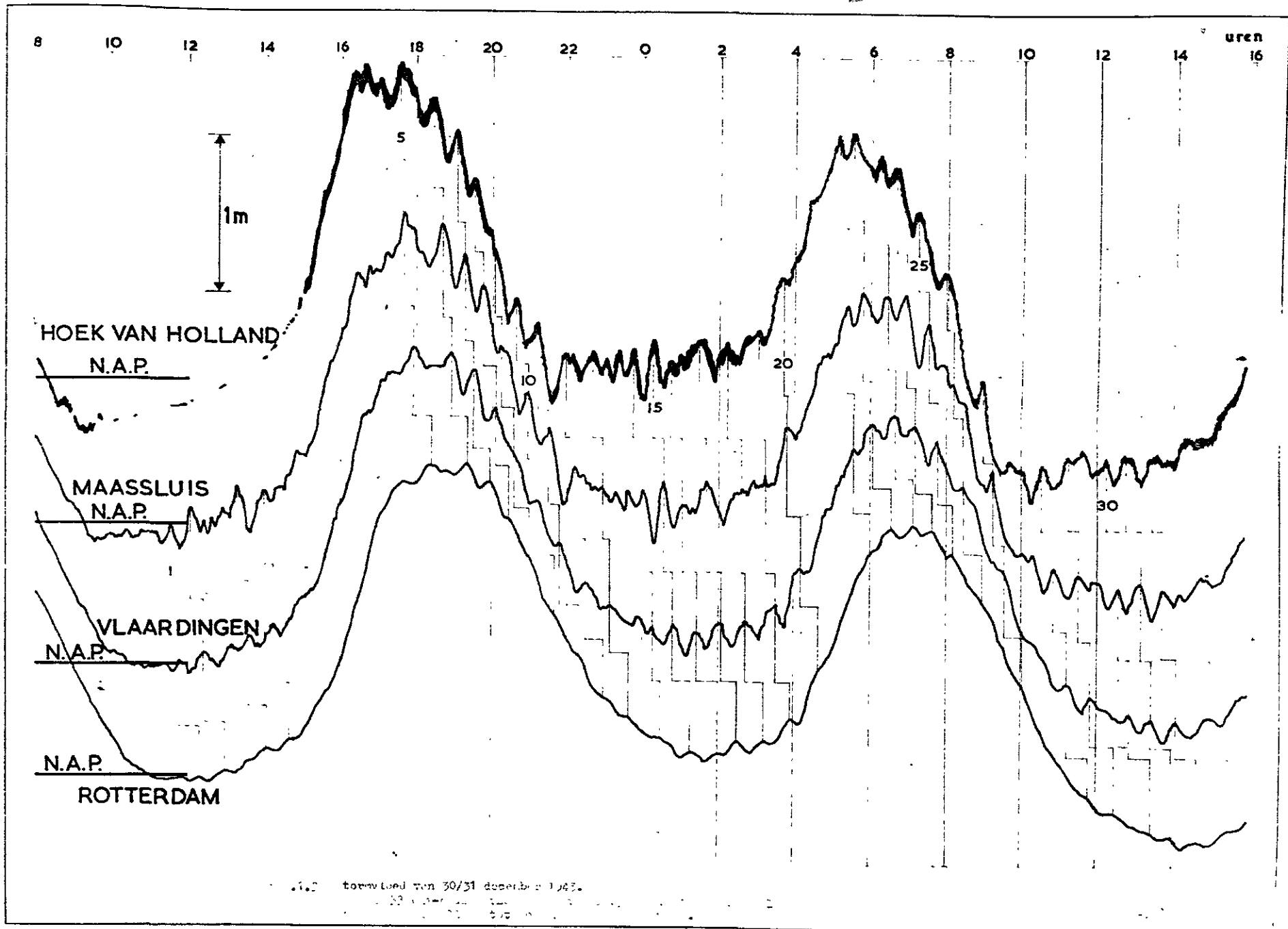


FIG. 3 The coast of Harlingen, Umuiden, Vlissingen, Terneuzen and Hansweert.



... ..



Stadje

AL-19

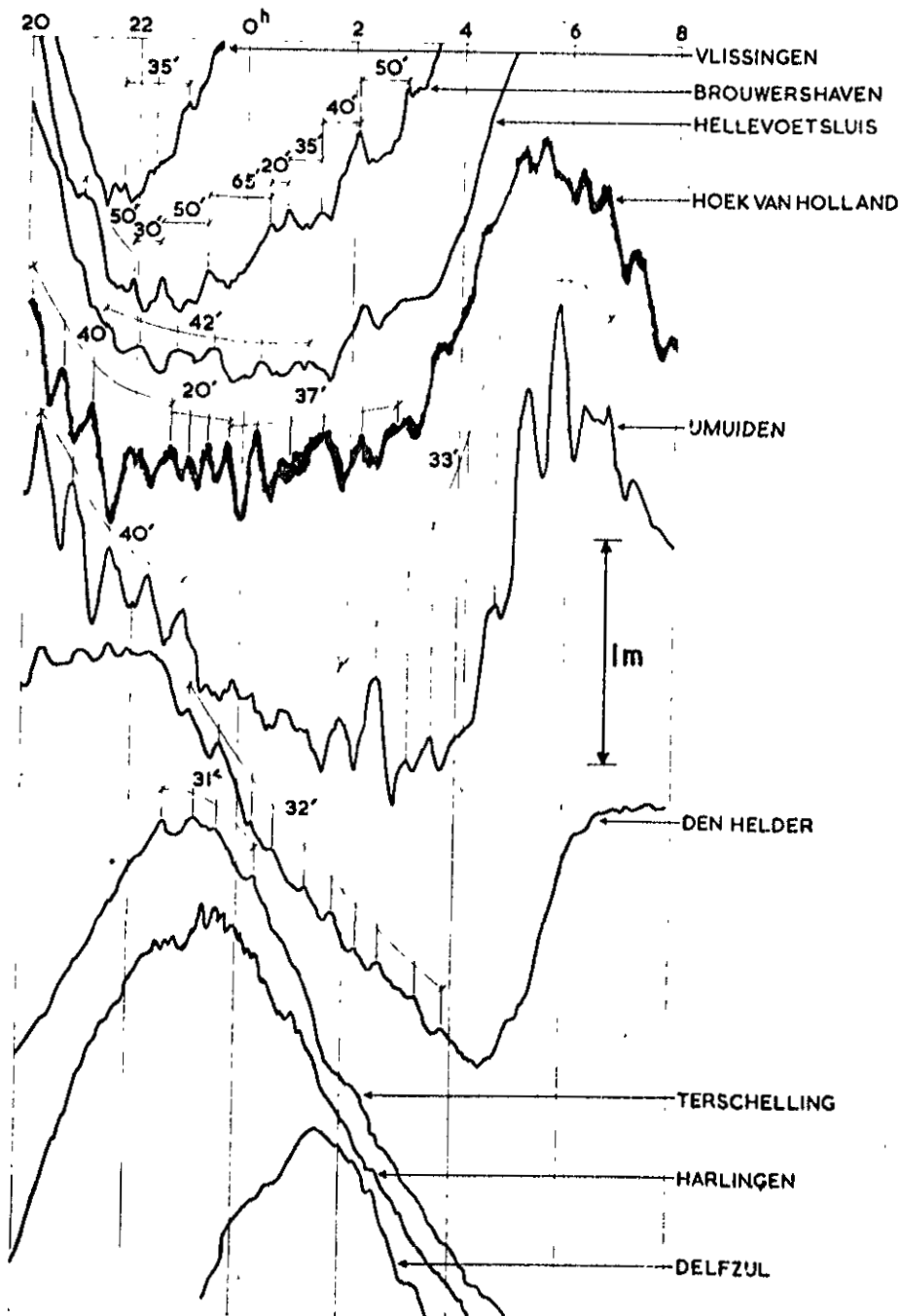
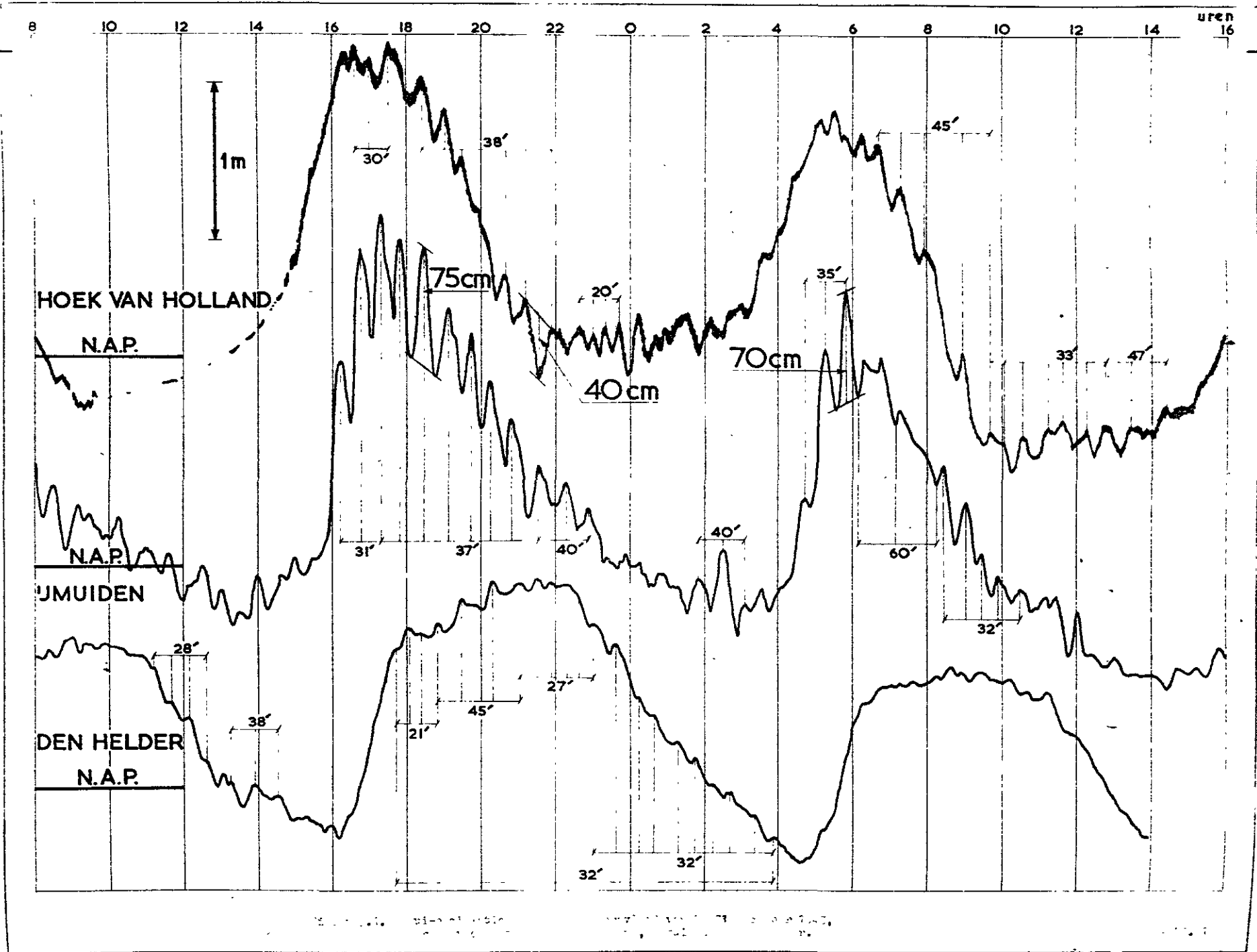


FIG. 6 Simultaneous water level measurements at the stations mentioned in the text. The time of observation is 11.15. The tide at the stations is equal to the tide at the other stations.



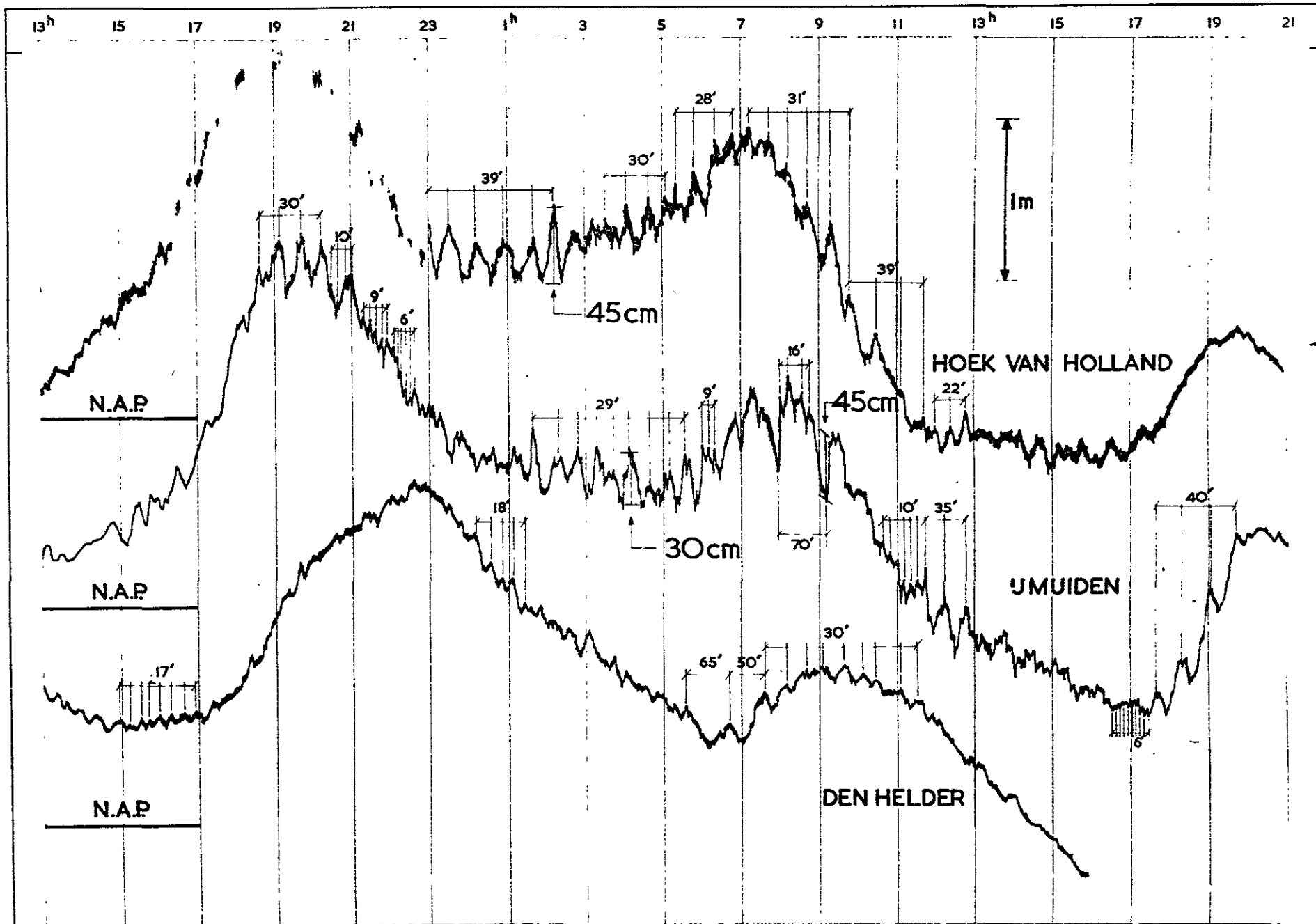


FIG. 3 Long period North Sea waves during the storm tide of October 29-31, 1942.

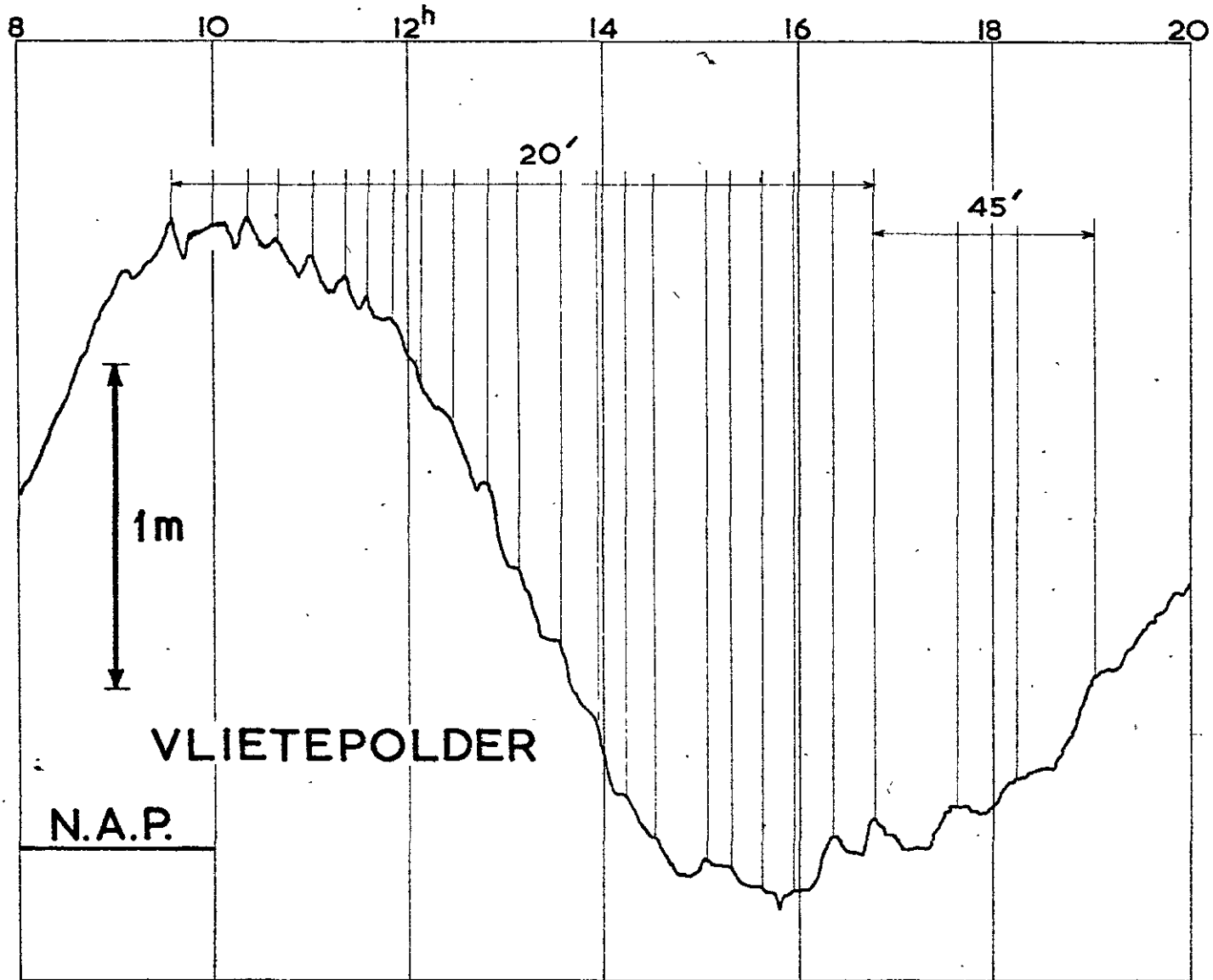


FIG. 9 Diagram of tide gauge at Vlietepolder situated at a straight coast.