

NOTA 70.2

AUG 1971

Deltadienst
waterloopk. Ald.
Hellevoetsluis

BIBLIOTHEEK

NR. 193

DE DECCA DELTA KETEN

HAAR OPERATIONELE NAUWKEURIGHEID
OP DE WESTERSCHELDE EN IN HET
AANGRENZENDE KUSTGEBIED

RIJKSWATERSTAAT DIRECTIE ZEELAND
STUDIEDIENST VLISSINGEN

RIJKSWATERSTAAT
DIRECTIE ZEELAND
STUDIEDIENST VLISSINGEN

Nota 70.2
met 24 bijlagen

rijkswaterstaat
dienst getijdewateren
bibliotheek
grenadiersweg 31 -
4338 PG middelburg

DE DECCA DELTA KETEN

Haar operationele nauwkeurigheid op de
Westerschelde en in het aangrenzende kustgebied.

Vlissingen, augustus 1971

INHOUD:

Hoofdstuk 1. <u>PROBLEEMSTELLING.</u>	blz. 1
Hoofdstuk 2. <u>PRINCIPE DECCA DELTA KETEN.</u>	blz. 4
2.1 ALGEMEEN	" 4
2.2 HET PATROON VAN HET NET	" 7
2.3 DE DECOMETER	" 8
2.4 DE LANE-IDENTIFICATIE	" 8
2.5 BEREKENING VAN HET KAARTPATROON	" 9
2.6 DE LANEBREEDTE	" 11
2.7 DE SNIJDINGSHOEK TUSSEN DE HYPERBOLEN VAN BEIDE BUNDELS	" 12
2.8 DE MONITOR CONTROLE OP VERSCHUIVINGEN VAN DE BUNDELS	" 13
Hoofdstuk 3. <u>FOUTENBRONNEN</u>	" 14
3.1 INLEIDENDE OPMERKINGEN	" 14
3.2 MENSELIJKE FACTOREN	" 15
3.3 INSTRUMENTELE FACTOREN	" 16
3.3.1 <u>Driftcorrectie</u>	" 16
3.3.2 <u>Lineariteitscorrectie</u>	" 17
3.3.3 <u>Ontvangercorrectie</u>	" 18
3.3.4 <u>Traagheidscorrectie</u>	" 18
3.3.5 <u>Monitorcorrectie</u>	" 19
3.4 ATMOSFERISCHE OMSTANDIGHEDEN	" 19
3.5 GEOGRAFISCHE EN GEOLOGISCHE OMSTANDIG- HEDEN	" 21
3.6 DIVERSE FOUTENBRONNEN	" 22
Hoofdstuk 4. <u>CORRECTIEMETINGEN</u>	" 23
4.1 INLEIDENDE OPMERKINGEN	" 23
4.2 DRIFT- OF REFERENCECORRECTIE	" 24
4.3 LINEARITEITSCORRECTIE	" 25
4.4 ONTVANGERCORRECTIE	" 26
4.5 TRAAGHEIDSCORRECTIE	" 28
4.6 MONITORCORRECTIE	" 29
4.7 CORRECTIES I.V.M. ATMOSFERISCHE OMSTANDIGHEDEN	" 32

4.8 BEREKENDE CORRECTIES I.V.M. GEOGRAFISCHE EN GEOLOGISCHE OMSTANDIGHEDEN	blz. 32
4.9 DE LOCALE PATROONCORRECTIES VOLGENS DE METINGEN	" 35
4.9.1 <u>De meetuitkomsten voor de Westerschelde en haar mond</u>	" 35
4.9.2 <u>De meetuitkomsten voor één vast punt</u>	" 36
4.9.3 <u>Vergelijking van de berekende en de gemeten correctielijnen</u>	" 38
4.10 DE AFLEESNAUWKEURIGHEID	" 40
4.11 SAMENVATTING	" 41
Hoofdstuk 5. <u>BEOORDELING VAN DE NAUWKEURIGHEID</u>	" 45
Hoofdstuk 6. <u>SAMENVATTING EN CONCLUSIES.</u>	" 50
Lijst van geraadpleegde literatuur	" 54
Staat van bijlagen	" 56
Lijst van symbolen en termen	op uitvouwblad achterin.

LIJST VAN SYMBOLEN EN TERMEN.

a	afstand MW;
b	afstand MS= lengte basislijn;
c	afstand SW;
d	laanbreedte; 0,001 d= 1 millilane;
f	frequentie;
k	correctiefactor;
L	nummer van een positielijn, lanennummer;
l	$l = \frac{1}{\lambda} = \frac{N}{2b}$;
M	hoofdzender of master;
N	aantal lanen per bundel;
P	index voor paarse bundel;
p	halve lange as van de 68%-fouten ellips
R	index voor rode bundel;
q	halve korte as van de 68%-fouten ellips
S	volgzender of slave;
v	voortplantingssnelheid van elektromagnetische golven;
W	waarnemingspunt;
WS _R	afstand van W tot S _R ;
η	hoek waaronder M en S _R worden gezien;
α	hoek waaronder M en S _p worden gezien;
φ	hoek tussen de positielijnen van de beide bundels;
λ	vergelijkingsgolflengte;
σ	standaardafwijking.
ψ	fase van een signaal.
keten- (chain)	stel van één hoofdzender en twee of meer volgzenders;
net	- combinatie van de door een keten uitgestraalde hyperbolen bundels;
bundel	- stelsel hyperbolen met twee zenders als brandpunten;
patroon	- de gedetailleerde vorm van een net of bundel;
nulhyperbool-	hyperbool waarop het faseverschil tussen het signaal van de hoofdzender en dat van de betreffende volgzender gelijk is aan $n \cdot 360^\circ$ (n=0,1,2,...);
laan (lane)	- de strook, die begrensd wordt door twee opeenvolgende nul-hyperbolen;
positielijn	- de tak van een genummerde hyperbool waarmee de positie binnen een bundel is bepaald;
zône	- een groep lanen (voor rood: 24 en voor paars:30).

DE DECCA DELTA KETEN

Hoofdstuk I PROBLEEMSTELLING.

In de Zeeuwse Wateren werden tot kort na de tweede wereldoorlog slechts op beperkte schaal peilwerkzaamheden uitgevoerd. Deze peilwerkzaamheden waren te verdelen in de peilingen van de oevers en de opnemingen van de vaargeul (en) ten behoeve van de scheepvaart.

De polders en/of waterschappen peilden hun oevers met behulp van een handlood of peilstok en een distantielijn. Gezien de korte afstanden tot de dijk of het strand vormde slecht zicht zelden een belemmering voor het verrichten van deze oeverlodingen. De peilwerkzaamheden ten behoeve van de scheepvaart werden (en worden) uitgevoerd door de Afdeling Hydrografie van het Ministerie van Marine en beperk(t)en zich tot de vaargeulen. Met name de diepgang der schepen bepaalde de begrenzing van het op te nemen gebied. Voor de plaatsbepaling werd vroeger gebruik gemaakt van in coördinaten bekende vaste punten op de wal ten behoeve van het meten van hoeken met sextanten; het bewuste waarnemingspunt werd daarna op de kaart ingetekend volgens de methode van de achterwaartse insnijding ("methode van Snellius"). Bij deze wijze van plaatsbepaling zal vooral bij grote afstanden tot de "Kenbare punten" het zicht een belangrijke rol spelen; dientengevolge is door het veelvuldig optreden van minder goed of slecht zicht het aantal werkbare dagen b.v. op zee gering.

In het begin van de vijftiger jaren is er door de Studiedienst Vlissingen een begin gemaakt met het periodiek loden van het gehele "rivierbed" van de Westerschelde volgens een vast raaienstelsel. De raaien worden daarbij gemarkeerd door twee in coördinaten bekende punten waarvan in de meeste gevallen het voorste punt op de dijk ligt, terwijl het achterste punt gevormd wordt door een op enige afstand van de rivier staande toren, hoge schoorsteen of iets dergelijks. De afstand in de raai wordt bepaald door hoekmeting met behulp van een sextant.

Door de ontwikkelingen in de scheepvaart en in verband met de uitvoering van het Deltaplan ontstond er behoefte aan periodieke

lodingen van het kustgebied voor de Zeeuwse en Zuidhollandse eilanden en de mondingsgebieden van de Westerschelde, de Oosterschelde, het Brouwershavensche Gat en het Haringvliet. Om de opeenvolgende lodingen van een bepaald gebied goed met elkaar te kunnen vergelijken dient zo veel mogelijk in dezelfde vaste raaien gepeild te worden. Gezien het feit dat in de zojuist genoemde gebieden de afstanden van het waarnemingsvaartuig tot de kenbare punten meestal bijzonder groot zijn speelt het zicht hier een bijzonder grote rol, waardoor de capaciteit van de peilploeg in grote mate wordt beperkt. Het peilen in vaste terrestrische raaien is in deze gebieden praktisch onmogelijk.

In en kort na de tweede wereldoorlog zijn een aantal plaatsbepalingssystemen voor de scheepvaart en de luchtvaart ontwikkeld, waarbij gebruik wordt gemaakt van electromagnetische golven ("radio-golven"). Ondanks de grote verscheidenheid van de verschillende systemen hebben ze gemeen dat de plaatsbepaling kan geschieden onafhankelijk van het zicht en dus ook op volle zee.

Eén van deze systemen is ontwikkeld door Decca Navigator Company Limited. Door drie of vier vast opgestelde zenders wordt een net over het betrokken gebied gelegd. Met behulp van speciaal daarvoor geconstrueerde ontvangers kan de positie binnen dit net bepaald worden. Als het net op een (zee)kaart is getekend kan met een dergelijk systeem plaatsbepaling t.o.v. een kaartcoördinatenstelsel geschieden.

In hoofdzaak worden deze systemen, zoals reeds is gezegd, gebruikt voor de scheepvaart en luchtvaart. O.a. in Engeland staat een dergelijke serie zenders (keten, chain) opgesteld t.b.v. de scheepvaart, de z.g. Decca Navigator Chain. Het net hiervan strekt zich uit tot de Nederlandse kust. In 1955 zijn met dit net uitgebreid proeven genomen om na te gaan of het bruikbaar was voor het hydrografisch opnemen van de hiervoor genoemde gebieden in Zuid-West Nederland. Een verslag van deze proeven wordt gegeven in nota 57.2 van de Studiedienst Vlissingen (lit. 5).

Daar het Decca-systeem bijzonder aantrekkelijk, maar de nauwkeurigheid van de Decca Navigator Chain in het beschouwde gebied te gering was, heeft men gekozen voor een eigen Decca-keten, waarvan men het patroon zo gunstig mogelijk over het werkgebied kon leggen;

het bleek bovendien mogelijk extra voorzieningen aan de apparatuur aan te brengen om de nauwkeurigheid op te voeren. Na een uitgebreid onderzoek kon in 1958 de z.g. Decca Delta Survey Chain (Decca Delta Keten) in gebruik genomen worden. In het volgende hoofdstuk zal nader op het principe en de werking van dit systeem worden ingegaan.

De rivierlodingen van de Westerschelde worden ten Oosten van de lijn Borssele-Hoofdplaat nog steeds volgens een terrestrisch raaienstelsel uitgevoerd; onderzocht zal echter moeten worden of voor de toekomst een andere methode van plaatsbepaling zal moeten worden gebruikt. Waar de dijken langs de Westerschelde tot "Delta hoogte" zijn verhoogd stuit het peilen op het huidige raaienstelsel namelijk op moeilijkheden omdat men pas op vrij grote afstand uit de dijk de achterbaak (toren) boven de dijk ziet verschijnen. Ook voor invoering van automatisering bij het peilwerk is de terrestrische plaatsbepaling minder geschikt. Het ligt voor de hand na te gaan of het peilwerk op de Westerschelde ook m.b.v. de Decca Delta Keten kan worden uitgevoerd.

Volledigheidshalve zij er hier nog op gewezen dat voor de Westerschelde een radiomagnetisch plaatsbepalingssysteem van voldoende nauwkeurigheid ook uit anderen hoofde belangrijke voordelen zou bieden b.v. bij het vastleggen van de vaarweg van schepen en bij de uitvoering van voorgenomen rivierwerken (vaste oeververbinding, Doorsteek door het Land van Saaftinge e.d.).

Om de bruikbaarheid van een plaatsbepalingssysteem vast te stellen moet in de eerste plaats worden nagegaan of de te bereiken nauwkeurigheid voldoet aan de in het betreffende gebied te stellen eisen. In deze nota wordt een overzicht gegeven van de studie en de studieresultaten met betrekking tot de nauwkeurigheid van de Decca Delta Keten in het algemeen en in de Westerscheldemond en op de Westerschelde in het bijzonder.

In het volgende hoofdstuk zal daartoe de werking van het systeem worden beschreven, waarbij dan speciaal aandacht geschonken zal worden aan de factoren, die fouten in de plaatsbepaling kunnen veroorzaken. In het derde hoofdstuk zullen de verschillende mogelijke foutenbronnen uitvoeriger worden beschreven. Hierop aansluitend zal in hoofdstuk 4 aandacht worden besteed aan de in de afgelopen jaren uitgevoerde correctiemetingen.

Vervolgens zal een beoordeling van de Decca Delta Keten voor het

Westerscheldegebied worden gegeven (hoofdstuk 5). De nota besluit met een samenvatting en conclusies (hoofdstuk 6). Aan de tekst van deze nota zijn een lijst van bijlagen, een opgave van de geraadpleegde literatuur en een lijst van symbolen (als uitvouwblad) toegevoegd.

Hoofdstuk 2 PRINCIPE DECCA DELTA KETEN.

2.1 Algemeen.

In het eerste hoofdstuk is er op gewezen dat het Decca-systeem werkt met drie of vier vast-opgestelde zenders. In deze zenders worden ongedempte (ongemoduleerde) radiofrequente wisselstromen opgewekt, waarvan sterkte en frequentie binnen bepaalde grenzen kunnen worden afgesteld. Deze stromen worden naar een zendmast gevoerd waardoor elektromagnetische energie in de vorm van golven volgens een half-bol-vormig patroon met de zendmast als middelpunt worden uitgezonden.

Hoewel het verschijnsel driedimensionaal is zal in de hier volgende beschouwing alleen worden gekeken naar de situatie op het aardoppervlak. Eenvoudigheidshalve wordt het aardoppervlak dan nog beschouwd als een plat vlak.

Doordat de veldsterkte van het uitgezonden elektromagnetische veld op een vast punt periodiek verandert zal er in een antenne (binnen dit veld) weer een wisselstroom worden opgewekt. Door het treffen van speciale elektrische en elektronische voorzieningen (die hier verder onbesproken kunnen blijven) kan men een radio-ontvanger, verbonden aan die antenne, afstemmen op één bepaalde frequentie. Hierdoor kan een systeem als dat van de Decca Delta Keten (vrijwel) onafhankelijk van andere elektromagnetische signalen (met andere frequenties!) werken.

Daar de voortplantingssnelheid van elektromagnetische golven in de atmosfeer door de mens niet beïnvloed kan worden en nagenoeg konstant is ($V \approx 300.000$ km/s) legt men met de keuze van de frequentie van de zender de golflengte van de elektromagnetische golven vast. De golflengte λ is namelijk per definitie gelijk aan de voortplantingssnelheid V gedeeld door de frequentie f , of in formule:

$$\lambda = \frac{V}{f}$$

Beschouw nu het eenvoudigste geval, waarin alle zenders met dezelfde (vaste) frequentie uitzenden. De stations van de volgzenders (volgstations of "slaves") zijn uitgerust met een ontvanger, die op de frequentie van het hoofdstation ("master") is afgestemd. De ontvanger op het volgstation stuurt de volgzender nu zodanig dat de antennestroom en dus het uitgezonden signaal een konstant faseverschil heeft met de antennestroom in de hoofdzender.

Veronderstel nu dat beide antennestromen in fase zijn en dat b , de afstand tussen hoofd- en volgzender, voldoet aan $b = n \cdot \lambda$, met n een geheel getal. Veronderstel verder dat de voortplantingsnelheid in het hele gebied gelijk is, zodat ook de golflengte een vaste waarde heeft. Hiervan uitgaande vindt men het patroon der beide cirkelbundels, dat bijlage 1 laat zien. In elk punt op de middelloodlijn van MS zijn de ontvangen signalen van M en S in fase omdat ze gelijke afstanden hebben afgelegd. Is het verschil tussen de afstand van een waarnemingspunt W naar de hoofdzender (WM) en de afstand naar de volgzender (WS) gelijk aan de golflengte λ of een veelvoud ervan, dan zijn beide in W ontvangen signalen eveneens in fase. De meetkundige plaats van punten met gelijk afstandsverschil tot twee vaste punten is een hyperbool. De hyperbolen waarvoor het faseverschil gelijk is aan 0° , dan wel veelvouden van 360° , zijn op bijlage 1 getekend; deze hyperbolen noemt men nulhyperbolen. Tussen twee opeenvolgende nul-hyperbolen kan men naar believen andere hyperbolen tekenen. De baan tussen twee nul-hyperbolen wordt lane (ned.: laan) genoemd.

Met een ontvanger, waarmee het faseverschil (van 0° tot 360°) tussen twee ontvangen signalen gemeten kan worden, kan men nu bepalen op welke hyperbool men zich bevindt. Daarbij moet wel bekend zijn tussen welke twee nulhyperbolen gemeten wordt. Als dat niet bekend is kan dat vastgesteld worden met behulp van de lane-identificatie, die nader is besproken in par 2.4. Zoals reeds betoogd bestaat de eenvoudigste keten uit één hoofdzender en twee volgzenders; elk der beide volgzenders bepaalt samen met de hoofdzender een hyperbolenbundel. Ter onderscheiding spreekt men bij de Decca Delta Keten van een rode- en van een paarse bundel. Bij een positiebepaling moeten van beide bundels de aangrenzende nul-hyperbolen bekend zijn.

en moet het faseverschil worden gemeten, waarmee het waarnemingspunt dan op het kaartblad is vastgelegd als het snijpunt van een rode en een paarse hyperbool.

Om het faseverschil te kunnen meten moet de ontvanger het mastersignaal van het slavesignaal kunnen onderscheiden. Dit probleem kan b.v. worden opgelost door de verschillende zenders in een bepaalde volgorde na elkaar te laten zenden (dit heeft Decca bij zijn zgn. Hi-Fix en Sea-Fix systemen toegepast). Bij de Decca Delta Keten is dit probleem op een andere wijze opgelost.

Elke bundel is berekend op basis van een zg. vergelijkingsfrequentie. Deze frequentie wordt echter niet uitgezonden: de hoofdzender zendt b.v. uit met een kwart en de (rode) volgzender met een derde van de vergelijkingsfrequentie van de rode bundel. In de ontvanger, die beide signalen nu wel kan onderscheiden, worden deze frequenties weer vermenigvuldigd met 4 resp. 3 zodat weer de (rode) vergelijkingsfrequentie ontstaat. Van deze laatste signalen wordt het faseverschil gemeten en het resultaat, herleid tot een onderdeel van de bewuste lane, op een meter (z.g. decometer) aangewezen (zie bijlage 2).

De vergelijkingsfrequentie van de paarse bundel is om praktische redenen verschillend van die van de rode bundel. De frequenties voor deze bundel zijn zo gekozen dat de frequentie van het hoofdzendersignaal één vijfde en die van het paarse volgzendersignaal één zesde van de vergelijkingsfrequentie voor de paarse bundel bedraagt.

Daar de beide bundels elkaar niet beïnvloeden kan hier elke bundel afzonderlijk besproken worden.

Elke ontvanger kan voor rood en voor paars gelijktijdig het faseverschil meten en de twee betreffende hyperbolen t.o.v. de rode en t.o.v. de paarse bundel op twee aparte decometers aanwijzen. Indien, zoals is verondersteld, de frequenties stabiel zijn, zullen de hyperbolen (ook wel positielijnen genoemd) niet van plaats veranderen. Zoals reeds vermeld worden deze hyperbolen op kaarten (zeekaarten, rivierkaarten) ingetekend, zodat m.b.v. dit net de plaats t.o.v. deze onzichtbare positielijnen kan worden bepaald. Bovendien kan door middel van kaarten ook de positie t.o.v. boeien, dieptelijnen, oevers of in b.v. coördinaten t.o.v. Amersfoort worden bepaald.

Volledigheidshalve dient hier te worden vermeld dat de standaarduitrusting voor een Decca-Keten bestaat uit een hoofdzender en drie volgzenders (achtereenvolgens rood, paars en groen); de standaardontvanger is dan ook uitgerust met drie decometers. In de regel maakt men alleen gebruik van de hyperbolenbundels vastgelegd door de hoofdzender en twee volgzenders. Van de drie decometers van de ontvanger zullen er bij operationeel gebruik dan ook slechts twee worden afgelezen. Men zal voor de plaatsbepaling de bundels met de meest gunstige snijding gebruiken. Bij loodrechte of nagenoeg loodrechte snijding van de positielijnen zal de mogelijke fout zo klein mogelijk zijn.

2.2. Het patroon van het net.

Zoals o.a. uit bijlage 1 blijkt is de afstand tussen twee opeenvolgende nulhyperbolen het kleinst op de verbindingslijn van de hoofdzender naar de volgzender (de z.g. basislijn); deze afstand is gelijk aan de halve golflengte. Naarmate men zich langs een hyperbool verder van de basislijn verwijderd, wordt de breedte van de lane groter.

Hiervoor is er reeds op gewezen dat de golflengte $\lambda = \frac{V}{f}$ zodat de lanebreedte d_b op de basislijn b gelijk is aan $d_b = \frac{V}{2f}$ waarin $V \approx 300\,000\,000$ m/s

De lanebreedte is dus in belangrijke mate afhankelijk van de frequentie. Voor een Decca-Keten, variëren de twee of drie benodigde vergelijkings-frequenties tussen de 250 en 420 kHz. De lanebreedte op de basislijn ligt dus tussen 600 en 350 meter. Voor de Decca Delta Keten zijn de basislijnen ongeveer 60 km lang, terwijl de lanebreedte op de basislijn voor rood ruim 445 m en voor paars ruim 356 m bedraagt. Er zijn dan ook bijna 130 rode lanen en ruim 172 paarse lanen. Men nummert de hyperbooltakken, beginnend bij de hoofdzender. Uit het voorgaande zal duidelijk zijn dat tussen twee opeenvolgende nul-hyperbolen het faseverschil oploopt van 0° tot 360° .

Ten slotte zij opgemerkt dat bij de Decca Delta Keten de basislijnen niet exact een veelvoud van de vergelijkingsgolflengte zijn, zulks in afwijking van het veronderstelde geval van par. 2.1. Dit heeft echter geen principiële gevolgen: de belangrijkste consequentie is een lichte vervorming der hyperbolen.

2.3 De decometer.

Elke decometer is voorzien van een korte en een lange wijzer en een venstertje in de wijzerplaat waardoor een letter zichtbaar wordt gemaakt. Bij het varen dwars door een gehele lane (waarbij het faseverschil 360° verandert) draait de lange wijzer eenmaal rond. Deze wijzer wordt direct gestuurd door het gemeten faseverschil. Zoals bij een normaal uurwerk één omwenteling van de grote wijzer een verplaatsing van de kleine wijzer over één eenheid tot gevolg heeft, komt bij de decometer één omwenteling van de lange wijzer overeen met een verdraaiing van de korte wijzer over één lane-eenheid. De korte wijzer wordt daarom ook wel de lanewijzer en de lange de (lane-)onderdelenwijzer genoemd. Bij de navigatieontvangers is de lange wijzer de lanewijzer en de korte de onderdelenwijzer. Daar een bundel bestaat uit een zeer groot aantal lanes heeft men deze lanes weer in groepen verdeeld, de z.g. zônes. De zônes dragen de letters A t/m J. De betreffende letter is zichtbaar door een venstertje in de wijzerplaat. De lanewijzer is weer gekoppeld aan de zôneaanwijzer. Een volledige omwenteling van de lanewijzer komt nu overeen met verdraaiing van de zône-aanwijzer over één letter. Een zône van de rode bundel bestaat uit 24, een zône van de paarse bundel uit 30 en een zône van de groene uit 18 lanes. Om te voorkomen dat de aflezingen van de verschillende bundels met elkaar worden verwisseld worden de lanes als volgt genummerd:

rood : van 0 t/m 23, (24 lanes);
groen : van 30 t/m 47, (18 lanes);
paars : van 50 t/m 79, (30 lanes).

Voor de Decca Delta-Keten kan de groene bundel verder buiten beschouwing blijven omdat hij niet wordt gebruikt.

2.4 De lane-identificatie.

De onderdelenwijzer zal zich automatisch goed instellen; de lanewijzer kan zichzelf echter niet instellen. Als de ontvanger op een willekeurige plaats wordt ingeschakeld zal in vele gevallen het lanenummer niet nauwkeurig bekend zijn. Door een ingenieus systeem (de z.g. lane-identificatie) wordt het in dit geval toch mogelijk het goede lanenummer te vinden. Regelmatig (b.v. om de paar minuten) wordt door de hoofdzender en afwisselend één der beide volgzenders

een bundel hyperbolen uitgezonden waarvoor de vergelijkingsfrequentie gelijk is aan de zogenaamde basisfrequentie van het normale net (de basisfrequentie is de G.G.D. van de frequenties der door de zenders uitgezonden signalen, d.w.z. frequentie van bijlage 2). De lanen van dit grove patroon ("grofraster") komen dan overeen met een zône in het oorspronkelijke net ("fijnraster"). Door de dan mogelijke faseverschilmeting kan op een speciale laneïdentificatiemeter worden afgelezen in welke lane van het "fijnraster" het vaartuig zich bevindt. De lanewijzer wordt daarop (zo nodig) ingesteld. De zônes zijn zo breed dat er nauwelijks verwarring kan bestaan over de eventueel ook in te stellen letteraanduidingen hiervan. Voor een uitgebreide beschrijving moge verder verwezen worden naar lit. 9.

2.5 Berekening van het kaartpatroon.

In het voorgaande is er reeds op gewezen dat de Decca Delta Keten wordt gebruikt met behulp van kaarten, waarop het net is weergegeven. Er is tevens uiteengezet dat het patroon van het net afhankelijk is van de positie der zenders, de frequenties van de uitgezonden signalen en de voortplantingssnelheid van de elektromagnetische golven. Ook de onderlinge faseverschillen tussen de door de zenders uitgezonden signalen zijn van grote invloed op het patroon.

De Decca-positie (de nummers van de beide positielijnen) kan aan de hand van bijlage 1 als volgt worden bepaald (voor de betekenis der gebruikte symbolen zie men de lijst van symbolen op het uitvouwblad):

$$L_R = \frac{(WM - WS_R + b_R) \cdot f_R}{V_R} = \frac{WM - WS_R + b_R}{\lambda_R}$$
$$L_P = \frac{(WM - WS_P + b_P) \cdot f_P}{V_P}$$

Met behulp van deze vergelijkingen vinden we voor het basisverlengde aan de zijde van de hoofdzender (M) het hyperboolnummer nul (dit basisverlengde is in feite een tak van de ontaarde hyperbool).

Het totaal aantal lanes per patroon is :

$$N_R = \frac{2 \cdot MS_R \cdot f_R}{V_R} = \frac{2 \cdot b_R}{\lambda_R}$$

$$N_P = \frac{2 \cdot MS_P \cdot f_P}{V_P} = \frac{2 \cdot b_P}{\lambda_P}$$

De in bovenstaande vergelijkingen gebruikte frequenties f_R en f_P worden opgewekt en nagemeten met een nauwkeurigheid van enkele Hz. De gemiddelde voortplantingssnelheden V_R resp. V_P zijn bepaald door in het terrein voor elke bundel het totaal aantal lanen vast te stellen (het totaal aantal lanen is nl. gelijk aan het verschil van het lanenummer van het basisverlengde aan de zijde van de volgzender en dat van het basisverlengde aan de zijde van de hoofdzender). De aldus (m.b.v. de formules voor N_R en N_P) gevonden voortplantingssnelheid is een gemiddelde voor de basislijn.

Uit nauwkeurige metingen is nu komen vast te staan dat de voortplantingssnelheid van elektromagnetische golven afhankelijk is van de gesteldheid van de ondergrond. Over zee planten deze golven zich sneller voort dan over land; naarmate de bodem droger is zal de voortplantingssnelheid ook geringer zijn. Uit praktische overwegingen heeft men echter een kaartpatroon getekend, waarbij de verschillen in voortplantingssnelheid niet in rekening zijn gebracht. De feitelijke afwijkingen van dit kaartpatroon, gevolg van deze schematisatie en van andere oorzaken, moeten zonedig met locale patrooncorrecties worden gecorrigeerd.

De Meetkundige Dienst van de Rijkswaterstaat, die de Decca kaartpatronen heeft getekend, is daarbij uitgegaan van de hiervoor genoemde vergelijkingen. Daarbij is nog een correctie ingevoerd omdat de vergelijkingen gebaseerd zijn op vlakke hyperbolen in een plat vlak, terwijl in werkelijkheid een belvormig aardoppervlak wordt gesneden door sferische hyperbolen. Bijlage 3 geeft het aldus verkregen net van de Decca Delta Keten weer terwijl op bijlage 4 een overzicht van de belangrijkste gegevens van het net wordt verstrekt.

2.6 De lanebreedte

De (lane-) onderdelenwijzer geeft de positie aan in 0,01 lane. De nauwkeurigheid van de plaatsbepaling in meters (in een kaartcoördinatenstelsel) is dus beter naarmate de lanebreedte kleiner is. (in par. 3.1. komt het begrip "nauwkeurigheid" nader ter sprake). Deze lanebreedte is enerzijds omgekeerd evenredig met de vergelijkingsfrequentie van de bundel en anderzijds afhankelijk van de positie in het net ten opzichte van de zenders. Op een kaart met een Deccapatreen kunnen lijnen van constante lanebreedte en dus met constante afleesnauwkeurigheid (in m) getekend worden. Deze lijnen voldoen aan de hierna uiteengezette wetmatigheid.

Stel dat de cirkelbogen en de positielijnen door gebreken rechten benaderd mogen worden (bijlage 5; dit is zeker geoorloofd zolang de afstanden tot M en S naar verhouding groot zijn). Op grond van deze benadering is $\square$ WFGD een ruit en is

$$\left. \begin{array}{l} AW = CW \\ BW = CW = \lambda \\ \angle ABW = \angle ACW = 90^\circ \end{array} \right\} \rightarrow \Delta ABW \cong \Delta ACW \rightarrow \left. \begin{array}{l} \alpha = \beta \\ \alpha + \beta = 2\psi \end{array} \right\} \rightarrow \alpha = \beta = \frac{\psi}{2}$$

De richting van een positielijn is dus in ieder punt gelijk aan de richting van de deellijn van de heek, waaronder in dat punt de beide zenders worden gezien. Daar WFGD een ruit is, zal

$$\begin{aligned} \angle DWE &= \angle EWF \\ \left. \begin{array}{l} DW \perp WS \\ FW \perp WM \end{array} \right\} &\rightarrow \angle DWF = \angle MWS = \psi \\ \angle BDW &= \angle DWF = \psi \text{ en } \angle DWE = \angle EWF = \frac{\psi}{2} \rightarrow WE \perp AW \text{ en } \perp DE \\ d = WE &= WD \cos \frac{\psi}{2} ; WD = \frac{WB}{\sin \psi} = \frac{\lambda}{2 \sin \frac{\psi}{2} \cos \frac{\psi}{2}} \rightarrow \\ d &= \frac{\lambda}{2 \sin \frac{\psi}{2}} = \frac{\lambda}{2} \operatorname{cosec} \frac{\psi}{2} \end{aligned}$$

De meetkundige plaats van punten met dezelfde constante laanbreedte d is een cirkelboog door de opstelpunten van de zenders en waarvoor:

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{\lambda}{2d} \text{ of } \alpha = 2 \operatorname{bg} \sin \frac{\lambda}{2d}$$

De middelpunten van deze cirkelbogen liggen uiteraard op de middelloodlijn van de basislijn. De afstand NO van het middelpunt O tot de basislijn voldoet aan:

$$NO = MN \cotg \alpha = \frac{b}{2} \cotg \alpha$$

en de straal r van de cirkel voldoet aan:

$$r = MO = \frac{MN}{\sin \alpha} = MN \operatorname{cosec} \alpha = \frac{b}{2} \operatorname{cosec} \alpha$$

waarin $\alpha = 2 \operatorname{bg} \sin \frac{\lambda}{2d}$

2.7 De snijdingshoek tussen de hyperbolen van beide bundels.

In de bovenstaande paragraaf is aangetoond dat de richting van een hyperbool in een bepaald punt gelijk is aan de richting van de deellijn van de hoek waaronder in dat punt de beide zenders worden gezien. Dit geldt uiteraard voor de beide bundels. Stel dat de hoek waaronder de zenders worden gezien voor rood η en voor paars α is, dan is de hoek tussen de beide hyperbolen $\varphi = \frac{1}{2} (\eta + \alpha)$

De meetkundige plaats van punten waarvoor de hoek tussen de hyperbolen van de beide patronen gelijk blijft is naar zich eenvoudig laat bewijzen de cirkel door de twee volgzenders en het waarnemingspunt W . De hoek in dit punt W tussen de richtingen naar de twee volgzenders is $\eta + \alpha = 2\varphi$ en is dus op de cirkelboog constant. Deze cirkels werden naar analogie van het bewijs in par. 2.6 bepaald door:

$$r = \frac{s_R s_P}{2} \operatorname{cosec} 2\varphi$$

en de afstand ON , (de afstand van het middelpunt O tot de verbindingslijn van de beide volgzenders)

$$ON = \frac{s_R s_P}{2} \cotg 2\varphi$$

Op bijlage 6 zijn overeenkomstig bovenstaande beschouwing per bundel de lijnen waarvoor de laanbreedten (en dus de afleesnauwkeurigheid) constant zijn getekend evenals de lijnen waarvoor de -

voor de hoek tussen de hyperbolen van beide bundels constant is.

2.8 De monitor controle op verschuivingen van de bundels.

In het voorgaande is gewezen op het verband tussen de toegepaste frequentie en de (uitgestraalde) bundel. Als de frequenties van de zendersignalen en de voortplantingssnelheden in het betreffende gebied niet veranderen zal de bundel in een bepaald punt constant blijven mits de uitgezonden signalen van de zenders in fase blijven. In de praktijk blijkt vooral dit laatste echter moeilijk te verwezenlijken. Omdat niet gegarandeerd kan worden dat er geen patroonverschuivingen zullen optreden dient er zo centraal mogelijk in het werkgebied een z.g. monitor-station te worden ingericht, waarmee eventuele verschuivingen van het patroon kunnen worden geregistreerd. Een monitorstation dient uit minstens drie ontvangers te bestaan. Bij gebruik van slechts twee ontvangers is het n.l. niet mogelijk om bij storingen in een van de ontvangers te kunnen constateren welke ontvanger een verkeerde aanwijzing geeft. Deze drie ontvangers behoeven niet allemaal op dezelfde plaats te zijn opgesteld al komt dat uiteraard de eenvoudigheid van de bediening wel ten goede. Als nu door een fase-verschuiving van een signaal van een der zenders het patroon van een bundel "verloopt" zal dit op de monitor worden geregistreerd. Daar een dergelijke patroonverschuiving voor de gehele bundel geldt kunnen verrichte waarnemingen met de monitercorrectie(s) - uitgedrukt in onderdelen van een laanbreedte - worden gecorrigeerd. Indien de patroonverschuiving te groot wordt zal bij de Decca Delta Keten de betreffende volgzender met de hand (rood) of automatisch (paars) worden bijgestuurd.

Op bijlage 4 wordt een overzicht gegeven van de belangrijkste gegevens van de Decca Delta Keten. In verband met de behoefte aan een geschikte frequentie voor de Europeoort Navigatie Keten bleek het noodzakelijk de frequentie van de Decca Delta Keten met ingang van februari 1970 enigszins te verlagen; deze veranderingen zijn echter gering. De correctie-

- metingen -

metingen, die bij de "oude" frequenties zijn uitgevoerd, kunnen dan ook van toepassing worden geacht voor de "nieuwe" keten. Wel dient men er rekening mee te houden dat de lanes iets van plaats zijn verschoven. Deze verschuiving is groter naarmate de afstand tot het hoofdstation groter en dus het lane-nummer hoger is. Terwijl voorheen iedere bezitter van een z.g. universele navigatieontvanger (b.v. Mark XII) gebruik kon maken van de Decca Delta Keten, is thans dit gebruik slechts voorbehouden aan de eigenaren van een speciale "survey-ontvanger" of een aangepaste universele ontvanger. De gegevens van de nieuwe Decca Delta Keten (OOB-keten) staan eveneens op bijlage 4 vermeld.

Hoofdstuk 3 FOUTENBRONNEN

3.1 Inleidende opmerkingen.

Alvorens een overzicht te geven van de verschillende foutenbronnen bij de plaatsbepaling met behulp van de Decca Delta Keten dient het begrip "fout" nader te worden gedefinieerd. In het kader van deze nota zal onder fout of afwijking worden verstaan het verschil tussen de decometeraanwijzing en het getekende (theoretische) kaartpatroon voor de betreffende positie. De fout is positief als de waargenomen Decca-coördinaat groter is dan de kaartcoördinaat. De correctie, die men bij de decometeraflezing moet optellen om de kaartpositie te krijgen is dan gelijk aan de fout, maar met tegengesteld teken. Alle fouten worden in duizendsten van een laan gemeten.

Bij het opstellen van deze nota is er van uitgegaan dat de verschillende soorten afwijkingen normaal verdeeld zijn. Noch de theorie, noch de resultaten van de correctiemetingen wijzen erop dat deze veronderstelling niet juist is. Samenhangend met de veronderstelling dat de fouten normaal verdeeld zijn is het begrip "nauwkeurigheid" als volgt gedefinieerd.

De nauwkeurigheid is de standaardafwijking van de fout in de plaatsbepaling. Met andere woorden 68% van alle waarnemingen heeft een afwijking (t.o.v. de meest waarschijnlijke

positie) die kleiner dan of gelijk is aan de standaardafwijking.

De plaatsbepaling kan tot doel hebben

- a. het overbrengen van een kaartpositie naar het terrein of omgekeerd van een terreinpositie naar de kaart;
- b. het in het terrein terugvinden van een eerder bepaalde positie, eventueel met behulp van de kaart.

In het eerste geval is de absolute nauwkeurigheid (de nauwkeurigheid waarmee de positie t.o.v. kaartcoördinaten kan worden bepaald) van groot belang terwijl het in het tweede geval gaat om de stabiliteit van het uitgezonden patroon ("repeatability"); hierbij gaat het om de herhaalbaarheid van een plaatsbepaling.

De in dit hoofdstuk te noemen fouten zijn van toepassing op elke bundel afzonderlijk (rood resp. paars); in het volgende zullen dan ook de fouten van één bundel ter sprake komen, hoewel voor een plaatsbepaling twee bundels (rood en paars) nodig zijn.

In het voorgaande is er reeds op gewezen dat aan de genoemde eisen van absolute nauwkeurigheid en herhaalbaarheid niet zonder meer door elke Decca Keten wordt voldaan.

Er zijn nl. een aantal factoren waardoor de plaatsbepaling m.b.v. Decca niet foutloos zal plaatsvinden. Deze factoren kunnen onderverdeeld worden in:

- a. menselijke factoren;
- b. instrumentele factoren;
- c. atmosferische omstandigheden;
- d. geografische en geologische omstandigheden;
- e. diverse.

3.2 Menselijke factoren.

Bij de bediening, instelling en aflezing van de plaatsbepalingsapparatuur zullen ongetwijfeld fouten worden gemaakt. Aangezien de bediening van de Decca apparatuur bijzonder eenvoudig is en ook de decometers zodanig zijn ingericht dat een geroutineerde waarnemer slechts sporadisch een foutieve aflezing zal verrichten mag gesteld worden dat de fouten door menselijke factoren in elk geval gering zullen zijn. Er zullen echter altijd

- fouten kunnen -

fouten kunnen voorkomen zoals het niet goed opschrijven van een juist verrichte aflezing (b.v. verwisselen van twee cijfers). De fouten door menselijke factoren kunnen zowel systematisch als willekeurig zijn; fouten in de bediening zijn vaak systematisch. Aan de Decca-waarnemer moeten dan ook hoge eisen gesteld worden met betrekking tot zijn kennis van en ervaring met deze apparatuur. Fouten door verkeerde aflezing of foutieve noteringen zullen vaak volkomen willekeurig zijn. Er is dan ook geen maat voor de menselijke fouten te geven. In het vervolg van deze nota zullen ze dan ook buiten beschouwing blijven.

3.3 Instrumentele factoren.

Onder fouten tengevolge van de instrumentele factoren verstaan we al die afwijkingen van het waargenomen patroon ten opzichte van het kaartpatroon, die te wijten zijn aan storingen en/of onvolkomenheden aan zenders en ontvangers.

De correcties, die in verband met deze fouten moeten worden toegepast, kunnen worden verdeeld in:

- driftcorrectie (reference);
- lineariteitscorrectie;
- ontvangercorrectie;
- traagheidscorrectie;
- monitorcorrectie.

3.3.1 Driftcorrectie.

Een ontvanger is, zoals beschreven, in wezen niets anders dan een faseverschilmeter. In het apparaat zal tussen de antenne en de decometer (het punt waar de aflezing plaats vindt) het faseverschil gelijk moeten blijven. Dit is echter zeer vaak niet het geval, de decometer geeft dan een miswijzing. Deze miswijzing kan twee oorzaken hebben, nl. de "drift" en de "lineariteitsfout". De drift hangt nauw samen met de temperatuursgevoeligheid van het toestel. Daar het elektrische gedeelte van het toestel gedeeltelijk bestaat uit radiobuizen moet steeds een opwarmtijd van 1 á 2 uur in acht worden genomen, omdat tijdens het opwarmen de drift bijzonder groot is.

- Ook na-

Ook na het opwarmen is het apparaat nog gevoelig voor sterke schommelingen van de omgevingstemperatuur.

Eventueel aanwezige drift kan als volgt worden vastgesteld. Op het aanwijsgedeelte van de ontvanger bevindt zich een z.g. "ref"- (afkorting van reference) schakelaar.

Als dit schakelaartje wordt ingedrukt krijgt de ontvanger trillingen toegevoerd, die niet van de zenders afkomstig zijn, maar in het toestel zelf worden opgewekt. De fase van deze trillingen is zodanig dat, als er geen drift is, het door de meters aangegeven faseverschil nul moet zijn, m.a.w. de onderdelenwijzers moeten alle op de nul van de schaal staan. Bij deze test moeten de zg. "gonioknoppen" eveneens op nul gezet worden. Een eventuele afwijking van de onderdelenwijzer geeft de drift van de ontvanger aan. Deze drift moet met tegengesteld teken als correctie bij de verwerking van de aflezingen worden toegepast. Bij metingen waarbij hoge eisen aan de nauwkeurigheid van de plaatsbepaling worden gesteld zal de drift frequent bepaald moeten worden. Met behulp van een z.g. "zero" knop kan de drift vervolgens weggewerkt worden door de onderdelenwijzer op nul te draaien terwijl de "ref" knop ingedrukt blijft. Ter vereenvoudiging van de bediening kan deze drukknop schakelaar worden overbrugd door een schakelaar op de ontvanger.

3.3.2 Lineariteitscorrectie.

In par. 3.3.1 is de gonioknop ter sprake gekomen. Met deze knop kan men het inwendig faseverschil variëren tussen 0° en 360° . De schaalverdeling van gonioknop en decometer is echter niet in graden maar in honderd eenheden verdeeld. Elke schaaleenheid van de gonioknop moet corresponderen met een eenheid van de onderdelen-schaal (d.w.z. met één honderdste lane-onderdeel) van de decometer. Nu blijkt deze aanwijzing niet precies gelijk met de gonioknopstand te verlopen. Door interpoleren tussen de schaalstrepen is het mogelijk de afwijkingen van de decometer t.o.v. de gonioknop in duizendsten van een lane te bepalen. Deze zogenaamde lineariteitsafwijkingen worden gemeten door bij ingeschakelde "ref"-knop de decometer af te lezen terwijl de gonioknop in sprengen van 50 eenheden van 0

-tot 1000-

tot 1000 wordt verzet. De lineariteitsafwijkingen dienen bepaald te worden bij een goed opgewarmde ontvanger. Deze fouten kunnen evenals de drift onafhankelijk van de plaats en ongeacht storingen in het uitgezonden patroon vastgesteld worden.

3.3.3 Ontvanger-correctie.

Zoals reeds eerder is opgemerkt moet in een ontvanger het faseverschil van de door de antenne ontvangen signalen gelijk zijn aan het faseverschil dat door de decometers wordt aangewezen. Achtereenvolgens zijn de driftcorrecties en de lineariteitscorrecties behandeld. Nadat deze beide soorten correcties zijn toegepast blijkt er nog een verschil te bestaan tussen het faseverschil in de antenne en het faseverschil op de decometer. Deze faseverschuiving, die in de eigenlijke ontvanger optreedt, heet de ontvangerfout of vaste ontvangerfout (de laatste benaming op grond van de aanvankelijke indruk dat deze fout een constante was). Voor elke ontvanger zal deze fout anders zijn. Teneinde deze fout te kunnen corrigeren wordt de volgende meting uitgevoerd. De antenne van de ontvanger wordt op een plaats gebracht waarvan (met behulp van de monitor) nauwkeurig de Deccaposities bekend zijn (hierop wordt nader ingegaan in par. 4.3). Het verschil tussen de met drift en lineariteit gecorrigeerde decometeraflezing en de Decca kaart positie geeft (per bundel) de ontvangerafwijking. Het tegengestelde is dan de ontvangercorrectie.

3.3.4 Traagheidscorrectie.

Ten einde een vrij rustige aflezing van de decometers mogelijk te maken is het noodzakelijk gebleken hierin een dempingsschakelaar in te bouwen om het trillen van de decometerwijzer te voorkomen. Dit heeft echter tot gevolg dat op een varend schip een positie aangewezen wordt waarin het vaartuig zich enige tijd tevoren bevond. De werkelijke Deccapositie kan worden gevonden door aan de aflezingen een correctie toe te voegen, die bij oplepende meterwaarden positief en bij teruglopende waarden negatief is. De correcties kunnen (uiteraard indien ze bekend zijn) ook rechtstreeks ingevoerd worden door de gonikknoppen op de correctiewaarden te draaien.

- 3.3.5 Monitorcorrectie. -

3.3.5 Monitorcorrectie.

De hierboven behandelde afwijkingen door instrumentele factoren hadden alle betrekking op de ontvanger. De thans te behandelen correctie heeft betrekking op het patroon, dat door de antenne van de ontvanger wordt opgevangen. Om verschillende redenen is het werkelijk uitgestraalde patroon niet identiek aan het theoretische Decca-kaartpatroon.

Om de afwijkingen van het patroon t.o.v. het kaartpatroon te meten wordt een z.g. monitorstation gebruikt. In hoofdstuk 2 is er reeds op gewezen dat een monitorstation uit minstens drie ontvangers moet bestaan. Wanneer een monitor ontvanger een verkeerde aanwijzing geeft kan dit het gevolg zijn van een patroonverschuiving of van een storing in de ontvanger zelf. In het laatste geval zullen de beide andere ontvangers eenzelfde patroon-aanwijzing geven. Indien slechts twee ontvangers gebruikt worden zal men, indien deze een onderling verschillende aanwijzing geven, niet kunnen vaststellen welke ontvanger de juiste patroonafwijking aangeeft en/of welke ontvanger ontregeld is. Met een goed ingerichte monitor is het dus mogelijk om de afwijkingen van het uitgezonden patroon t.o.v. het theoretische kaartpatroon te bepalen. Voor zover deze afwijkingen het gevolg zijn van storingen in de zender(s) (b.v. fout in de onderlinge afstemming) mag men deze fouten (in aanonderdelen!) van toepassing achten op het gehele patroon. In par. 3.5. zullen een aantal factoren worden behandeld, die plaatselijk verschuivingen van het patroon kunnen veroorzaken. Om deze lokale afwijkingen zo goed mogelijk te kunnen corrigeren is het gewenst een monitor op te stellen zo dicht mogelijk bij het werkgebied, waar metingen worden verricht. Aangezien een dergelijke monitor in combinatie met de z.g. centrale monitor gebruikt moet worden kan hier met één ontvanger volstaan worden. De decometeraflezingen aan boord van een operationeel vaartuig kunnen dan gecorrigeerd worden met o.a. de plaatselijke monitorcorrectie.

3.4 Atmosferische omstandigheden.

Zoals reeds eerder vermeld is het net gebaseerd op frequenties van 70 à 120 kHz (bijlage 4). Deze vrij lage frequenties hebben-

ties hebben het voordeel dat de uitgezonden elektromagnetische golven met het aardoppervlak meebuigen. Deze "bodemgolf" buigt dus met de kromming van het aardoppervlak mee, maar verliest daarbij ook energie. De signalen van een zender zullen echter niet alleen evenwijdig aan het aardoppervlak, maar ook in de ruimte worden uitgezonden. Daarbij ontmoeten deze "ruimtegolven" de z.g. ionosfeer, die uit diverse lagen is opgebouwd, waarvan de Kennely-Heaviside- of E-laag op ong. 100 km en de Appleton- of F-laag op ong. 300 km hoogte de meest bekende zijn. Deze lagen bezitten de eigenschap dat ze elektromagnetische golven kunnen terugkaatsen (of beter gezegd terugbuigen). Indien de atomen waaruit deze lagen zijn opgebouwd, echter zijn geïoniseerd, (d.w.z. worden "uiteengeslagen" in ionen en vrije elektronen) verliezen de lagen het vermogen de radiogolven terug te buigen. Dit ioniseren geschiedt vooral onder invloed van het zonlicht bij zonnestand hoger dan ong. 15° . Terwijl overdag een ontvanger alleen de directe-bodemgolf-ontvangt, zal 's nachts behalve de bodemgolf ook de teruggekaatste ruimtegolf worden opgevangen. Deze ruimtegolf, die een aanzienlijk langere weg heeft afgelegd dan de direkte golf, is vrijwel nimmer met deze bodemgolf in fase.

De direkte golf zal afhankelijk van de bodemgesteldheid bij toenemende afstand tot de zender energie verliezen. De ruimtegolf verliest uiteraard ook wel energie, doch per eenheid van afgelegde weg in veel geringere mate. Bij toenemende afstand tot de zender zal een ontvanger eerst uitsluitend de bodemgolf, daarna zowel de bodem- als de ruimtegolf en tenslotte alleen de ruimtegolf opvangen. In het voor deze nota van belang zijnde gebied zullen de signalen van de Decca Delta Keten of rechtstreeks of zowel direkt als indirect worden ontvangen. Bij normale weersgesteldheid zal overdag de bodemgolf volledig overheersen.

's Nachts zal echter ook de indirecte golf merkbaar zijn. De fase van het ontvangen signaal is nu de (vector) resultante van de fasen van de bodem- en de ruimtegolf. Bij het vaststellen van deze resultante is de sterkte van het signaal van onmiddellijk belang. De invloed van de ruimtegolf wordt "sky-wave-effect" genoemd. De fout door sky-wave is het verschil tussen de fase van het resulterende

-signaal en de -

signaal en de fase van de bodemgolf, welke laatste golf ten grondslag ligt aan het kaartpatroon.

Aangezien de sterkte van het "teruggekaatste" signaal en zijn afgelegde weg van moment tot moment en van plaats tot plaats kunnen veranderen is de invloed van de "skywave" niet te voorspellen en evenmin met een monitor te meten. Indien men hoge nauwkeurigheid vereist zal men bij aanwezigheid van deze storing het meten moeten staken. Wordt de invloed van de ruimtegolf van belang dan blijkt dit uit de decometerwijzer: deze is dan namelijk erg onrustig.

De aanwijzing kan behalve door terugbuiging door de ionosfeer ook gestoord worden door plaatselijke storingen in de atmosfeer. Buien gaan vaak gepaard met concentraties van elektrische ladingen en soms ook ontladingen (enweer). Het spreekt haast van zelf dat hierdoor de ontvangst van de Decca signalen erg gestoord kan worden.

Deze als "static" bekend staande "luchtstoring" is eveneens te onderkennen: de aanwijzing van de decometers wordt onrustig.

3.5 Geografische en geologische omstandigheden.

Voor de constructie van een Deccakaartnet gaat men ervan uit dat de voortplantingssnelheid (van de bodemgolf) in het gehele gebied constant is. Deze gemiddelde snelheid volgt uit

$$V_{\text{gem}} = \frac{2f \cdot MS}{N} = \frac{2fb}{N}$$

In de praktijk is echter gebleken dat de voortplantingssnelheid over zee aanzienlijk hoger is dan over land.

Van invloed op de voortplantingssnelheid over land zijn niet alleen geologische factoren, maar ook het vochtgehalte van de bodemlagen (dus ook het polderpeil). Vochtig polderland geleidt b.v. beter dan droog duingebied. Op bijlage 4 wordt een aantal voortplantingssnelheden genoemd. In een gebied met een grillige geografie zoals het Deltagebied varieert de voortplantingssnelheid van plaats tot plaats.

Het is dan ook niet op eenvoudige wijze mogelijk een kaartpatroon te berekenen waarbij rekening is gehouden met alle variaties in de voortplantingssnelheid. In het volgende hoofdstuk zal

- het resultaat -

het resultaat worden besproken van een berekening waarbij alleen onderscheid wordt gemaakt tussen zee en land; daarbij is dus geen onderscheid gemaakt tussen de verschillende soorten land. Daar door de getijbeweging in het Deltagebied grote plaatengebieden beurtelings droogvallen en weer onder water komen is de berekening zowel voor hoog- als voor laagwater uitgevoerd. In tegenstelling tot golven met veel hogere frequentie (toegepast bij andere radio-plaatsbepalingssystemen zoals b.v. Hi-Fix en Sea-Fix) dringen de laagfrequente golven van de Decca Delta Keten tientallen meters de bodem in. De Decca Delta Keten is dientengevolge veel minder gevoelig voor kleine veranderingen in de bodemgesteldheid van de bovenste grondlaag dan de systemen met een hoge frequentie.

Bij de overgang van land naar water treedt tevens een faseverschuiving op; deze storing is groter naarmate het geleidend vermogen van het land kleiner en de toegepaste frequentie hoger is. De heogteligging van het land (b.v. hoge duinen) heeft eveneens invloed op deze verstoring. In lit.2 en 3 wordt deze land-zee storing nader beschreven o.a. aan de hand van metingen in Zuid-Engeland, Sussex.

3.6 Diverse foutenbronnen.

Foutenbronnen, die in het voorgaande nog niet zijn genoemd en toch van belang kunnen zijn voor de operationele nauwkeurigheid van de Decca Delta Keten, zijn de volgende:

Storingen in de voeding van de zenders of de ontvangers kunnen een foutieve plaatsbepaling veroorzaken. In veel gevallen zal deze zo duidelijk zijn dat de waarnemer deze storing onmiddellijk opmerkt zodat of de storing snel wordt opgeheven of de meting wordt gestaakt.

Grote stalen voorwerpen als schepen, kranen, bruggen, hoogspanningsleidingen enz. zullen in hun directe omgeving een storing kunnen veroorzaken doordat ze het opgevangen signaal (verzwakt) opnieuw uitzenden. Daar de bij de Decca Delta Keten toegepaste frequenties zeer laag zijn en dus de golflengtes erg groot zijn zal deze storing meestal onmeetbaar zijn, maar geheel uitgesloten is ze niet.

In het voorgaande is steeds sprake geweest van de nauwkeurigheid van het patroon van één bundel. Een plaatsbepaling geschiedt echter met twee bundels hyperbolen. De nauwkeurigheid van de plaatsbepaling is daarbij afhankelijk van:

- a. de nauwkeurigheid van elk der hyperbolenstelsels afzonderlijk en
- b. de snijdingshoek van de positielijnen ter plaatse van het waarnemingspunt.

Een loodrechte of nagenoeg loodrechte snijding geeft de nauwkeurigste plaatsbepaling.

Hoofdstuk 4. CORRECTIEMETINGEN.

4.1 Inleidende opmerkingen.

In de jaren 1965 t/m 1969 is door de Studiedienst Vlissingen een groot aantal correctiemetingen uitgevoerd ten einde de in hoofdstuk 3 genoemde afwijkingen te bepalen. De in dat hoofdstuk besproken fouten t.g.v. menselijke en atmosferische omstandigheden zullen bij de hierna volgende bespreking der uitkomsten van deze metingen niet verder worden behandeld omdat deze fouten willekeurig zijn of zo duidelijk merkbaar zijn dat de werkzaamheden bij het optreden van deze afwijkingen worden gestaakt.

De drift-, de lineariteits- en de ontvangercorrecties zijn alleen afhankelijk van de ontvanger en niet van de plaats van de ontvanger. De traagheidscorrectie is bepaald in de drie vaste punten A, B en C van bijlage 3. De monitorcorrecties zijn bepaald op de permanent ingerichte monitorstations te Den Haag en te Zijpe (dit laatste station is in 1966 overgebracht naar Zierikzee).

Verder zijn er tijdens locale correctiemetingen in 1965 ook monitorwaarnemingen verricht te Nieuwe Sluis, in 1967 in het magazijn van de Studiedienst en in 1969 aan boord van een vaartuig, dat lag algemeerd aan de steiger nabij de Keersluisbrug te Vlissingen. Met uitzondering van het station te Den Haag zijn de posities van deze monitorstations aangegeven op bijlage 3.

- De locale-

De locale patrooncorrectiemetingen (1965 t/m 1967) zijn uitgevoerd in de punten, die op de bijlagen 17 en 18 zijn aangegeven. Tenslotte dient nog vermeld te worden dat de eventuele invloed van het verticale getij op het Deccapatroon is onderzocht in het (vaste) punt D (bijlage 3) in de jaren 1965 en 1969.

Daar de fouten in verband met instrumentele factoren meestal niet willekeurig, maar systematisch zullen zijn, zal nu eerst aan deze categorie nader aandacht worden besteed; (par. 4.2 t/m 4.5). Daarna komen de metingen van de fouten t.g.v. de overige factoren ter sprake.

4.2 Drift- of Referencecorrectie.

In de praktijk is het zelden nodig om de waarnemingen te corrigeren i.v.m. opgetreden drift. Alverens de metingen beginnen zorgt men er nl. voor dat de ontvanger gedurende voldoende tijd wordt opgewarmd terwijl men ook regelmatig driftmetingen verricht waarna de aanwezige drift m.b.v. de z.g. "zero-knop" bij ingeschakelde "ref-knop" (par. 3.3.1) wordt weggewerkt. Bij het peilen vindt dit "referencen" of "ontdriften" plaats na het voltooiën van elke raai; gebruikt men bij andere werkzaamheden de Decca-apparatuur dan geschiedt dit "referencen" met regelmatige tussenpozen van maximaal 1 uur. De drift zal daarom bij een gewone ontvanger zelden groter zijn dan 0,005 laan; daar de na het "ontdriften" te verrichten correctie bijna altijd gering blijkt te zijn worden de aan de driftbepaling voorafgaande waarnemingen niet meer gecorrigeerd. In de praktijk is overigens gebleken dat de drift ook afhankelijk is van het type ontvanger; b.v. de Mark XII (universele navigatieontvanger) is gevoeliger voor temperatuursinvloeden dan de Survey-ontvanger, type 280.

Bij het bepalen van de monitorcorrectie wordt de drift van de monitorontvanger echter wel in rekening gebracht. Door vrij grote temperatuurschommelingen in de opstelruimte kan de drift in de monitorontvanger bovendien soms grotere waarden bereiken dan bij de operationele ontvangers aan boord van de vaartuigen. Indien in de opstelruimte van de monitorontvanger(s) de temperatuur vrij grote variaties vertoont, verdient het aan-

-beveling de -

beveling de temperatuur kunstmatig te gaan regelen en daarbij op een vrijwel constante waarde te houden.

Samenvattend kan dus gesteld worden dat de drift normaal zeer gering is (kleiner dan 0,005 lane) en regelmatig rechtstreeks in de ontvanger wordt gecorrigeerd; de waarnemingen zelf worden achteraf niet meer gecorrigeerd op drift. Bij de monitorwaarnemingen zal dit laatste soms wel gebeuren; in par. 4.6 zal dit nog nader ter sprake komen. Tenslotte zij vermeld dat bij de verrichte locale patrooncorrectiemetingen de drift bij iedere waarneming is bepaald en tot nul teruggebracht.

4.3 Lineariteitscorrectie.

De lineariteitsafwijking, die afhankelijk is van de stand van de onderdelenwijzer (par. 3.3.2) blijkt voor een bepaalde stand van deze wijzer in de tijd nog enigszins te variëren. Bijlage 7 toont van de beide ontvangers in gebruik bij de Studiedienst Vlissingen het verloop van de lineariteitscorrectie als functie van de stand van de decometer voor het rode en het paarse patroon¹⁾. De bewuste metingen werden uitgevoerd in september en oktober 1967; De uitkomsten van een tweetal in maart 1968 uitgevoerde metingen pasten voor beide ontvangers goed in dit beeld. Uit bijlage 7 blijkt ondermeer dat binnen een maand tijds de lineariteitscorrectie aan vrij grote schommelingen onderhevig is (tot 10 duizendsten van een lane). Ten opzichte van de gemiddelde lineariteitscorrectie voor de betreffende decometerstand zijn de variaties in de meeste gevallen echter kleiner dan 5 millilanes.

Bij een volledige rondgang van de laneonderdelenwijzer (dus een faseverschilmeting van 0 tot 360 graden) wijzigt de lineariteitsafwijking voortdurend, maar ze blijft in het algemeen tussen de + 10 en - 10 millilanes.

1) De beide meetschepen "Welsing" en "Wijtvliet" maken gebruik van één-uiteraard verplaatsbare-ontvanger (nr. 021)

Alleen de rode decometer van de ontvanger O21 vormt hierop een uitzondering: hij heeft bij een stand van de decometer in de omgeving van 750 à 850 duizendsten onderdelen van een lane zelfs een lineariteitsafwijking van 12 à 20 millilanes.

Daar de lineariteitsafwijking een erg grillig verloop heeft en meestal niet zo erg groot is wordt deze correctie in de praktijk bij het normale peil- en meetwerk niet in rekening gebracht omdat dit bijzonder arbeidsintensief is, terwijl de nauwkeurigheid van de plaatsbepaling er niet evenredig door wordt verhoogd. Bij het (incidentele) bepalen van andere correcties zoals b.v. de ontvangercorrectie en locale patrooncorrecties wordt de lineariteitscorrectie uiteraard wel in rekening gebracht omdat hierbij sprake is van een eenmalige bewerking.

4.4 Ontvangercorrectie.

In par. 3.3.3 is uiteengezet dat de ontvangercorrectie moet worden ingevoerd omdat er een verschuiving in het faseverschil tussen de door de antenne ontvangen signalen en de door de decometer aangegeven positie optreedt. Op verschillende wijze zijn er metingen verricht om deze correctie te kunnen bepalen.

Een van de uitgangspunten bij de besturing van het patroon is dat in het monitorpunt in de Vluchthaven te Zijpe het uitgestraalde patroon moet samenvallen met het Decca-kaartpatroon. Lange tijd is het monitor-station hier ook gevestigd geweest; uit praktische overwegingen zijn de monitorontvangers naar Zierikzee overgebracht; dit heeft echter geen consequenties voor de besturing van het Deccapatroon. Om nu de ontvangercorrecties van de bij de Studiedienst Vlissingen in gebruik zijnde ontvangers (O20 op de "Zwake" en O21 op de "Welsing" of "Wijtvliet") te bepalen zijn met deze ontvangers aan boord van de betreffende vaartuigen in de vluchthaven "Zijpe" een aantal malen monitorwaarnemingen verricht.

De waarnemingen zijn gecorrigeerd op drift, monitor- en lineariteitsafwijkingen. Het verschil tussen deze gecorrigeerde waarnemingen en de theoretische kaartposities voor de betreffende punten leveren de ontvangerafwijkingen op. De resultaten van deze metingen zijn aangegeven op bijlage 8 (achter: "Zijpe").

In de praktijk is het bezwaarlijk steeds naar het Zijpe te moeten varen om de ontvangercorrectie te bepalen. Deze metingen vinden daarom ook plaats te Vlissingen aan de steiger bij de Keersluisbrug. Het verschil tussen de op drift, lineari- teits- en monitorafwijking gecorrigeerde waarnemingen en de the- oretische kaartpositie van het waarnemingspunt is nu de ontvanger- afwijking plus de locale patroonafwijking (die beide aanvankelijk constant werden verondersteld). Indien één van deze twee afwij- kingen bekend is kan men dus de andere bepalen.

Aangezien echter zowel de ontvangerafwijking als de plaatselijke patroonafwijking niet geheel constant zijn is het moeilijk om de meest waarschijnlijke waarden voor deze beide afwijkingen afzon- derlijk te bepalen. Dit dan nog afgezien van het feit dat de ge- bruikte monitorgegevens (die, tenzij hierna anders is vermeld, ver- strekt zijn door de Deltadienst te 's Gravenhage) betrekking heb- ben op een der vaste monitorstations en niet a priori ook geldig zijn voor Vlissingen (dit onderwerp komt onder 4.6 nog aan de orde).

Bij de metingen is nu aangenomen dat de ontvangeraf- wijking gedurende enige tijd vrijwel onveranderd blijft. Door nu zo speedig mogelijk na iedere meting in het Zijpe een soortgelijke meting te Vlissingen te verrichten kan men de locale patroonaf- wijking te Vlissingen vaststellen; de resultaten van deze metingen treft men aan op bijlage 8. Uit de gegevens van deze bijlage zou volgen dat noch de ontvangerafwijkingen noch de plaatselijke pa- troonafwijkingen te Vlissingen constant zijn. Voorts blijkt dat de schommelingen voor het rode net kleiner zijn dan voor het paarse net.

M.b.t. de schommelingen in de waarden der locale pa- troonafwijkingen te Vlissingen kan nu het volgende worden opgemerkt: men zou verwachten dat deze afwijkingen in beginsel constant zijn gezien het feit dat het net aan de hand van monitorwaarnemingen in Den Haag en het Zijpe (Zierikzee) wordt bijgestuurd. Afwijkingen van de waarnemingen te Vlissingen t.o.v. de monitorregistraties zouden veroorzaakt kunnen worden door locale storingen. Een ori- ënterend onderzoek naar de invloed van het openen c.q. sluiten van de Keersluisbrug en het passeren van schepen door het kanaal

-toonde geen-

toonde geen merkbare invloed aan.

Op grond van het bovenstaande moet voorshands worden aangenomen dat de veronderstelling dat de ontvangerafwijkingen slechts langzaam veranderen niet juist behoeft te zijn. Teneinde niet een te optimistisch beeld te geven m.b.t. de nauwkeurigheid van de Deccaplaatsbepaling bij operationeel gebruik is de locale patroonafwijking nabij de Keersluisbrug bij de verwerking der waarnemingen constant verondersteld (-11 voor rood en + 11 voor paars) zodat de standaardafwijkingen der beide genoemde fouten volledig voor rekening van de ontvangerafwijking komen; m.a.w. de schommelingen in de ontvangerafwijkingen volgens bijlage 8 kunnen groter zijn dan de feitelijke.

Ter bepaling van de ontvangercorrecties aan de hand van de te Vlissingen verrichte metingen (26 voor ontvanger 020 en 10 voor ontvanger 021) zijn de hierboven genoemde gemiddelde locale patroonafwijkingen ingevoerd. Voor de ontvanger 020 vindt men dan een gemiddelde ontvangercorrectie van -8 voor rood en +8 voor paars en voor ontvanger 021: -11 voor rood en -12 voor paars (bijlage 8).

Deze gemiddelde waarden zijn bij de in het Westerschelde gebied verrichte locale patrooncorrectiemetingen aangehouden. Overigens heeft dit uitgangspunt geen invloed op de eveneens verwerkte standaardafwijking, aangezien hiervoor de- ook op bijlage 8 vermelde-standaardafwijking voor de ontvangerafwijking en de locale patroonafwijking gezamenlijk is aangehouden.

4.5 Traagheidscorrectie.

In 1965 zijn door de Studiedienst Vlissingen metingen verricht naar de traagheidsafwijking. Een verslag van deze metingen is opgenomen in lit. 12 . Uit deze metingen is gebleken dat de vaarsnelheid geen grote invloed heeft op de grootte van deze afwijking.

Door de correctiemetingen en door praktijkervaring is men tot de conclusie gekomen dat een traagheidscorrectie van 15 m. het beste voldoet. Deze maat dient voor elk gebied uitgedrukt te worden in een aantal millilanes.

Bij een willekeurige vaarrichting kan men voor de traagheids-
- correctie (in -

correctie (in millilanes) per bundel aanhouden de projectie van deze maat van 15 m volgens de vaarrichting op de normaal van de hyperbool ter plaatse. Het teken van de correctie is afhankelijk van de vaarrichting. Bij oplopende laannummering is de traagheidscorrectie positief, bij afnemende nummering negatief.

4.6 Monitorcorrectie.

In 1965 zijn gelijktijdig monitorwaarnemingen verricht aan het Zijpe, te Den Haag en te Nieuwe Sluis (aan de kust van Zeeuwsch Vlaanderen ten westen van Breskens). Van dit onderzoek is verslag uitgebracht in lit. 11, dat de waarnemingen van 12 mei 1965 vermeldt (blz. 42); deze gegevens (verzameld in een tijdsbestek van 7 uur), zijn weergegeven op bijlage 9. De onderlinge verschillen tussen de monitorwaarnemingen op de drie stations ~~v~~ren gedurende de gehele meetdag vrij gering. Op grond van deze gegevens wordt in lit. 11 gesteld dat de monitor aan het Zijpe representatief is voor het gehele Deltagebied. De betreffende (18) waarnemingen zijn dezerzijds nader bewerkt. De uitkomsten zijn opgenomen in de volgende tabel (correcties in millilanes).

- Tabel 1 -

Tabel 1: Resultaten bewerking monitorwaarnemingen

Bundel	ROOD			PAARS		
jaar v. meting	1965	1967	1969	1965	1967	1969
x max.	5	10	13	6	8	12
x min.	-9	- 5	- 4	-5	-9	-47
x gem.	-1,9	0,8	2,6	0,1	0,8	3,9
σ_x	4,0	3,2	3,5	2,7	4,2	5,7
y max.	2	12	5	5	0	0
y min.	-8	- 8	-19	-2	0	0
y gem.	-2,5	- 1,2	- 5,1	0,8	0	0
σ_y	2,3	3,8	5,1	1,7	-	-
z max.	4	8	10	2	8	40
z min.	-10	- 12	-10	-6	-14	-38
z gem.	-3,1	- 2,7	0,2	-0,7	2,2	14,1
σ_z	4,0	3,1	4,3	1,9	4,7	8,2
r x y	0,81	0,55	0,75	0,83	-	-
r x z	0,81	0,62	0,80	0,34	0,54	0,65
r y z	0,68	0,59	0,83	0,44	-	-
σ_{x-y}	2,6	3,3	3,6	1,6	-	-
σ_{x-z}	2,5	2,8	2,5	2,7	4,2	6,4
σ_{y-z}	2,9	3,2	2,7	2,0	-	-
S y x	1,4	3,2	3,4	1,0	-	-
S z x	1,8	2,5	2,6	1,8	4,0	6,3
S z y	2,9	2,5	2,4	1,7	-	-

In deze tabel is

x : de monitorcorrectie bij de vluchthaven aan het Zijpe (1965)
resp. te Zierikzee (1967 en 1968);

y : de monitorcorrectie te 's-Gravenhage;

z : de monitorcorrectie bij de lichttoren te Nieuwe Sluis
(1965) resp. het magazijn van de R.W.S. te Vlissingen (1967)
en het monitorpunt van de "Welsinghe" aan de steiger nabij de
Keersluisbrug te Vlissingen (1969);

- de standaard -

σ_x : de standaardafwijking van de verzameling x_i ($i=1,2,3,\dots$
..... n);

r_{xy} : correlatiecoëfficiënt die de mate van het verband tus-
sen x en y aangeeft;

σ_{x-z} : de standaardafwijking van de verzameling x_i-z_i ($i=1,$
2,..... n) en

S_{xy} : $\sigma_y \sqrt{1-r_{xy}^2}$ is de zgn. reciduele standaardafwijking van
y.t.o.v. x , d.i. de standaardafwijking van het verschil tus-
sen de feitelijke waarneming van y en de overeenkomstige or-
dinaat van de regressielijn, die de meest waarschijnlijke
waarde van y aangeeft als de waarde van x gegeven is.

Uit de tabel volgt onder meer dat de conclusie
van Hup en Griep (lit.11) niet zonder meer juist is. De cor-
relatiecoëfficiënt voor de paarse bundel tussen de monitor-
waarnemingen te Zijpe en te Nieuwe Sluis is zonder meer
slecht ($r_{xz} = 0,34$) al zijn de standaardafwijkingen gering
($\sigma_{x-z} = 2,7$; $S_{zx} = 1,8$). Verder volgt uit de tabel dat in
5% der waarnemingen het verschil tussen de verschillende mo-
nitorcorrecties voor rood groter is dan 5 à 6 millilanes
(σ_{x-y} enz.).

Tijdens de locale patrooncorrectiemetingen op
de Westerschelde in 1967 zijn simultaan monitorwaarnemingen
verricht te Zierikzee, te Den Haag en in het magazijn van de
R.W.S. bij de Keersluisbrug te Vlissingen. Daarbij is ge-
durende 7 uur om de twee minuten een monitorwaarneming ver-
richt. Van de ruim 200 metingen zijn de uitkomsten weerge-
geven op de bijlagen 10 en 11 en eveneens bewerkt; de resul-
taten zijn opgenomen in de tabel.

Op 11 september 1969 zijn nabij de Springer-
platen monitorwaarnemingen verricht teneinde de invloed van
de waterstand op de locale patrooncorrectie te onderzoeken.
Tijdens deze meting zijn eveneens simultaan monitorwaarne-
mingen verricht te Zierikzee, te Den Haag en aan boord van de
"Welsing" aan de steiger nabij de Keersluisbrug te Vlis-
singen. De uitkomsten van deze simultaanmeting

- (elke 2 minuten -

(elke 2 minuten een waarneming, totaal ruim 250 metingen) zijn eveneens bewerkt en de resultaten zijn in de tabel opgenomen. De vastgestelde monitorcorrecties zijn op bijlage 12, gemiddeld per kwartier, weergegeven.

Uit al deze metingen volgt dat de gemiddelde monitorwaarnemingen evenals de standaardafwijkingen vrij grote verschillen vertonen: voor rood is σ maximaal 5,1 en voor paars is σ maximaal 8,2. Tevens blijkt dat de correlatiecoëfficiënten van de verschillende monitorwaarnemingen voor de rode bundel variëren tussen 0,55 en 0,83 en voor de paarse bundel tussen 0,34 en 0,83. Behalve de waarnemingen in 1965 zijn de monitorafwijkingen te Den Haag steeds gelijk aan nul geweest, terwijl de correlatiecoëfficiënt van de metingen te Zierikzee en te Vlissingen voor de paarse bundel in 1969 de hoogste waarde (0,65) bereikte. De nulwijzing van de monitorregistratie in Den Haag vloeit voort uit de automatische besturing van de paarse bundel. Het paarse patroon blijkt echter alles behalve stabiel te zijn naar blijkt uit de waarden van σ_x , σ_z , σ_{x-z} en S_{zx} . Tenslotte zij nog opgemerkt dat uit de residuele standaardafwijkingen (S_{zx}) volgt dat de rode bundel beter "bewaakt" kan worden met een centraal opgestelde monitor (te Zierikzee) dan de paarse bundel.

4.7 Correcties i.v.m. atmosferische omstandigheden.

In par. 3.4 is medegedeeld dat luchtstoring ("static") en de invloed van de ruimtegolf ("sky-wave") niet kunnen worden gemeten; wel kan uit een onrustige aanwijzing van de decimeters worden opgemaakt dat er sprake is van afwijkingen door atmosferische omstandigheden. Zodra "sky-wave" en/of "static" wordt waargenomen zal men het gebruik van de Decca-plaatsbepalingsapparatuur niet meer, of hooguit voor een grove plaatsbepaling kunnen gebruiken (navigatie).

4.8 Berekende correcties i.v.m. geografische en geologische omstandigheden.

Voor elk der beide bundels kunnen zowel voor hoog-als voor laagwater lijnen van gelijke (benodigde) correcties i.v.m. - de afwijkingen-

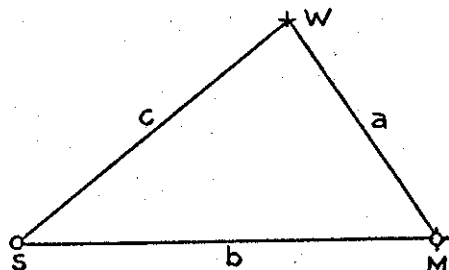
de afwijkingen t.g.v. de geografische en geologische omstandigheden worden geconstrueerd. In deze paragraaf zal in het kort worden aangegeven hoe deze lijnen zijn berekend.

Stel

a: de afstand van het waarnemingspunt W tot de hoofdzender M;

b: de basislijn M S en

c: de afstand van W tot volgzender S.



M: hoofdzender

S: volgzender

W: waarnemingspunt

Volgens de theorie (par 2.5) is de positie van W:

$$L_w = \frac{1}{\lambda} (a+b-c) + k; \text{ neem } l = \frac{1}{\lambda} = \frac{N}{2b},$$

dan is:

$$L_w = lb + la - lc + k$$

Hierbij is verondersteld dat $\lambda = \frac{v}{f}$ voor het gehele gebied hetzelfde blijft. De voortplantingssnelheid v , dus ook λ , is boven water echter duidelijk groter dan boven land (eenvoudshalve maken we geen onderscheid in de verschillende soorten land). De afstanden a, b en c kunnen nu gesplitst worden in de afstanden a_1, b_1 en c_1 over water en a_2, b_2 en c_2 over land.

De golflengte over water is λ_1 , dus $l_1 = \frac{1}{\lambda_1}$;
de golflengte over land is λ_2 , dus $l_2 = \frac{1}{\lambda_2}$.

Nu wordt de Decca positie van W:

$$L'_w = l_1 b_1 + l_2 b_2 + l_1 a_1 + l_2 a_2 - l_1 c_1 - l_2 c_2 + k$$

Het verschil tussen L_w en L'_w geeft de correctieterm:

$$\begin{aligned} L_w - L'_w &= lb - l_1 b_1 - l_2 b_2 + la_1 + la_2 - l_1 a_1 - l_2 a_2 - lc_1 - lc_2 + l_1 c_1 + l_2 c_2 \\ &= lb - l_1 b_1 - l_2 b_2 + (l - l_1)(a_1 - c_1) - (l_2 - l)(a_2 - c_2) \end{aligned}$$

De voortplantingssnelheid over water is bekend (v_s van bijlage 4).

De gemiddelde voortplantingssnelheid over de basislijn is per bundel eveneens bekend (par. 2.5). Van de kaart kunnen de afstanden naar de zenders worden opgemeten, waarbij het land- en waterpad afzonderlijk worden bepaald.

Van de correctietermformule is dan bekend;

$l, l_1, b, b_1, b_2, a_1, a_2, c_1$ en c_2 :

De onbekende l_2 kan nu gevonden worden door te stellen dat bij hoogwater op de basislijn het aantal lanes in het kaartpatroon gelijk is aan het aantal lanes in werkelijkheid.

Dit uitgangspunt is aannemelijk omdat in een belangrijk deel van de periode dat de platen niet overstroomd zijn het grondwaterpeil in de platen nait op de waterstand zodat deze periode relatief weinig invloed heeft op de gemiddelde voortplantingssnelheid op de basislijn. Op grond van deze veronderstelling geldt bij hoogwater:

$$lb - l_1 b_1 - l_2 b_2 = 0$$

$$l_2 = \frac{lb - l_1 b_1}{b - b_1} \quad \text{en} \quad V_2 = \frac{f}{l_2}$$

De afgeleide formule kan nu voor hoog water worden vereenvoudigd tot:

$$L_w - L'_w = (l - l_1)(a_1 - c_1) - (l_2 - l)(a_2 - c_2)$$

Voor het rode patroon is gebruik gemaakt van de volgende constanten:

$$\begin{aligned} l_R &= \frac{1}{\lambda_R} = 0,001123080 \text{ m}^{-1} ; \\ l_{1R} &= \frac{f_R}{V_1} = 0,001122616 \text{ m}^{-1} ; \\ b_R &= 57443,78 \text{ m} ; \\ (b_1)_h &= 23500 \text{ m, bij hoogwater} ; \\ (b_1)_l &= 15000 \text{ m, bij laagwater} ; \\ b_2 &= b - b_1 . \end{aligned}$$

en voor het paarse patroon:

$$\begin{aligned} l_P &= \frac{1}{\lambda_P} = 0,001403872 \text{ m}^{-1} ; \\ l_{1P} &= \frac{f_P}{V_1} = 0,001403270 \text{ m}^{-1} ; \\ b_P &= 61528,76 \text{ m} ; \\ (b_1)_h &= 19500 \text{ m, bij hoogwater} ; \\ (b_1)_l &= 9500 \text{ m, bij laagwater} ; \end{aligned}$$

Voor hoog- en laagwater zijn aangehouden N.A.P. + 2 m en N.A.P.-2 m.

Daar bij hoogwater de verdeling van land- en waterpad geheel anders is dan bij laagwater zijn de correcties zowel bij hoog-

- als bij laagwater -

als bij laagwater uitgerekend.

Bij hoogwater vinden we voor rood:

$$L_W - L_W' = 0,000\,000\,464 (a_1 - c_1) - 0,000\,000\,312 (a_2 - c_2)$$

Drukt men a_1, a_2, c_1 en c_2 uit in km dan wordt deze formule:

$$L_W - L_W' = +0,000\,464 (a_1 - c_1) - 0,000\,312 (a_2 - c_2)$$

en die voor paars:

$$L_W - L_W' = +0,000\,602 (a_1 - c_1) - 0,000\,260 (a_2 - c_2)$$

Bij laagwater gelden dezelfde formules met dien verstande dat een constante moet worden ingevoerd omdat nu

$$l_b - l_1 b_1' - l_2 b_2' \neq 0$$

Voor hetzelfde waarnemingspunt zullen de waarden voor $a_1 - c_1$ en voor $a_2 - c_2$ ook anders zijn dan bij hoogwater. Brengt men nu de drooggevalen platen geheel als land in rekening dan vindt men correcties, die extreme verschillen vertonen t.o.v. die bij hoogwater. De feitelijke verschillen zullen kleiner zijn daar de plaatranden in het algemeen zeer vochtig blijven en de grondwaterstand verder op de plaat naaijlt t.o.v. de waterstand in de geulen. De vergelijkingen voor de correctietermen worden nu voor laagwater:

voor rood:

$$L_W - L_W'' = 0,000\,464 (a_1' - c_1') - 0,000\,312 (a_2' - c_2') - 0,00628$$

en voor paars:

$$L_W - L_W'' = 0,000\,602 (a_1' - c_1') - 0,000\,260 (a_2' - c_2') - 0,00782$$

De resultaten van deze berekeningen, die in samenwerking met de Meetkundige Dienst tot stand zijn gekomen, worden weergegeven op de bijlagen: 13 t/m 16.

4.9 De locale patroon correcties volgens de metingen.

4.9.1 De meetuitkomsten voor de Westerschelde en haar mond.

In het voorgaande zijn een aantal fouten-bronnen genoemd, die er de oorzaak van zijn dat het werkelijke patroon ter plaatse van de antenne en het theoretische kaartpatroon op de meeste plaatsen niet geheel samenvallen. Voor zover dit verschil een stabiel -karakter draagt -

karakter draagt wordt het ook wel lokale patroonafwijking
 genoemd en de hiervoor benodigde correctie lokale patroon-
 correctie (in lit.10: additionele correctie). Ten einde deze
 lokale patroonafwijkingen te kunnen bepalen zijn in 1965 en
 1966 in de Westerscheldemonde en in 1967 op de Westerschelde
 uitgebreide correctiemetingen verricht. De resultaten van de
 in 1965, 1966 en 1967 uitgevoerde correctiemetingen, waarbij
 door inmeten van de positie vanaf de wal (door de Meetkundige
 Dienst) de lokale patrooncorrecties zo nauwkeurig mogelijk
 zijn bepaald, worden weergegeven op de bijlagen 17 en 18.
 Bij deze correctiemetingen is geen rekening gehouden met de
 waterstand.

Bij de in de jaren 1965 en 1966 uitgevoerde metingen ten westen van het Sloegebied lagen de schepen per meetpunt voor anker. In 1967 zijn de locale patrooncorrectie's in de raaien I, II, V en VI bepaald door drie waarnemingen per meetpunt te verrichten met een onderling tijdsverschil van ong. een minuut, waarbij het schip "op stroom werd gehouden". De per waarneming berekende correcties zijn gemiddeld per meetpunt en deze gemiddelde correcties zijn op de bijlagen aangegeven. In de raaien III, IV, VII, VIII en IX zijn in elk meetpunt twee waarnemingen verricht. Deze raaien zijn n.l. in beide richtingen een keer doorgevaren waarbij telkens in elk meetpunt een correctiemeting werd uitgevoerd. Ook deze gegevens zijn gemiddeld en op de bijlagen 17 en 18 ingetekend. Verder dient te worden opgemerkt dat de "vaste" ontvangercorrecties voor de ontvanger 020 van de Zwake en die voor de ontvanger 021 van de Welsing / Wijtvliet in de opeenvolgende jaren niet constant zullen zijn gebleven. Op de betreffende bijlagen zijn de toegepaste ontvangercorrecties (die van bijlage 8) in een staatje vermeld. In par. 4.9.3 zullen de gemeten correctielijnen voor de beide bundels vergeleken worden met de theoretische, weergegeven op de bijlagen 13 t/m 16.

4.9.2 De meetuitkomsten voor één vast punt.

Teneinde na te gaan in hoeverre de waterstand van invloed is op de lokale patroonafwijking zijn bovendien

- in 1965 on -

in 1965 en in 1969 gedurende een volledig getij metingen in een vast punt uitgevoerd.

De bepaalde locale correcties zijn samen met de getijkromme voor de betreffende dagen uitgezet op de bijlagen 19 en 20. De metingen in juli 1965 (bijl.19) zijn verricht door het vaartuig bij afgaand water te laten droogvallen. Het vaartuig (de "Zwake") kwam daarbij in een plas te liggen zodat moeilijk aangenomen kan worden dat veranderingen van de aarding der apparatuur de oorzaak is geweest van de veranderingen van de locale correcties. Het is mogelijk dat eventuele reflecties van de drooggevalen platen de Deccawaarnemingen hebben beïnvloed; dit kan echter niet worden aangetoond. Ter controle is de meting herhaald op 11 september 1969 in een nabij gelegen meetpunt, waarbij het vaartuig niet is drooggezet, maar in een geultje voor drie ankers in positie is gehouden. Storingen door verandering van de aarding hebben bij deze laatste meting in elk geval niet kunnen optreden. De resultaten van de meting van 1969 zijn weergegeven op bijlage 20. De karakteristieke waarden van de metingen in 1965 en 1969 zijn in de onderstaande staat weergegeven:

Tabel 2 Resultaten bewerkingen meetuitkomsten van een punt.

Bundel	jaar	gem.	σ	max.	tijdst.	min.	tijdst.
Rood	1965	+ 8	3,8	+14	HW-2 $\frac{1}{2}$ 4	+2	HW+2 $\frac{1}{2}$ 3
Rood	1969	+ 9	3,3	+15	-	+3	-
Paars	1965	+24	5,3	+31	HW	+15	HW+4
Paars	1969	+43	6,2	+53	HW+3	+27	HW-4

In beide metingen blijkt dat het rode patroon stabiel is dan het paarse patroon. Aangezien dit soort metingen alleen kan worden uitgevoerd nadat de sky-wave effecten zijn verdwenen tot het moment waarop deze storingen weer een rol gaan spelen kon niet gedurende een volledig getij aaneengesloten gemeten worden. Verder was het betreffende meetpunt i.v.m. de diepgang van de peilvlet en de bodemligging in de omgeving van het meetpunt moeilijk te bereiken bij lagere waterstanden.

De beide metingen betreffen ook niet dezelfde periode t.o.v. hoogwater zodat het vergelijken van de beide metingen met de nodige voorzichtigheid dient te geschieden. In beginsel is het dan ook best mogelijk dat b.v. een nog lagere patrooncorrectie zou zijn gevonden als de meting 4 à 5 uur eerder zou zijn aangevangen of langer zou zijn voortgezet. De genoemde extreme waarden zijn dus relatieve maxima en minima, en geen absolute.

Aan de hand van de metingen kan gesteld worden dat het rode patroon in het meetpunt slechts weinig beïnvloed wordt door de waterstand, hoewel in 1965 toch nog variaties in de patrooncorrectie voor rood van 10 duizendsten zijn gemeten. De patrooncorrecties voor paars tonen een verschil van 18- in 1965 en van 26 duizendsten in 1969, waarbij dan nog moet worden vermeld dat tijdens de fase van het getij waarbij in 1965 de minimale waarde voor de patrooncorrectie is gemeten, in 1969 geen metingen zijn verricht. Het paarse patroon moet dan ook als weinig stabiel worden beschouwd. Om te beoordelen of er een (duidelijk) verband bestaat tussen de patrooncorrecties en de waterstand zou over meer meetgegevens moeten worden beschikt. Indien een dergelijk verband aangetoond zou kunnen worden (voor één bepaald meetpunt) moet het praktisch nut in twijfel worden getrokken omdat het een vrij ingewikkelde procedure zou vergen om deze correcties dan ook nog toe te passen bij b.v. het samenstellen van de peilkaarten, te meer daar het gevonden verband tussen correctie en waterstand zeker niet voor een heel lodingvak geldig zal zijn. In 1967 zijn tijdens de correctiemetingen op de Westerschelde in elk meetpunt twee of drie metingen verricht. Bij vergelijking van deze metingen blijkt dat er verschillen in de gevonden patrooncorrectie van 10 à 15 duizendsten van een lane vaak voorkomen, ook al zijn de waarnemingen met tussenpozen van ong. een minuut verricht (dus bij dezelfde waterstand).

4.9.3 Vergelijking van de berekende en de gemeten correctielijnen.

In par. 4.8 is behandeld hoe op grond van het verschil in voortplantingssnelheid van de radio-magnetische

- golven over-

golven over water en over land de correctielijnen zijn bepaald die op de bijlagen 13 t/m 16 zijn aangegeven. Deze lijnen zijn voor beide bundels zowel voor hoogwater als voor laagwater vastgesteld. In par. 4.9.1. is een verslag gegeven van de locale patrooncorrectie metingen, waarvan de resultaten op de bijlagen 17 en 18 zijn weergegeven. Deze metingen zijn bij uiteenlopende waterstanden verricht; aangezien er geen stelselmatig verband bestaat tussen de plaats der meetpunten en de waterstand mag het gemeten patroon als een gemiddeld patroon worden beschouwd (het is overigens ook niet doenlijk de waarnemingen te corrigeren op waterstandsinvloeden).

Bij vergelijking van de berekende correctielijnen voor de rode bundel bij HW. (bijlage 13) resp. bij LW. (bijlage 15) blijkt dat de onderlinge verschillen per positie betrekkelijk gering zijn, nl. 5 à 10 duizendsten van een lane. Vergelijken we deze berekende lijnen met de gemeten correctielijnen (bijlage 17) dan kan men concluderen dat er kwalitatief een behoorlijke overeenkomst bestaat. Kwantitatief komen de gemeten lijnen op de Westerschelde soms meer overeen met de berekende lijnen bij H.W. soms meer met die bij L.W. In het mondingsgebied vertonen de gemeten correcties de meeste overeenkomst met de berekende bij L.W. De verschillen tussen de gemeten waarden en het gemiddelde der theoretische waarden zijn over het algemeen niet groter dan 5 à 10 millilanes.

Voor de paarse bundel blijkt er veel minder overeenkomst te bestaan tussen de berekende correctielijnen voor H.W. (bijlage 14) en voor L.W. (bijlage 16) met de gemeten correcties (bijlage 18). Het verschil tussen de berekende correctie per positie voor H.W. resp. L.W. ligt in de orde van 5 millilanes; dit verschil is dus zeer klein. De vergelijking van deze berekende met de gemeten correcties leidt tot de conclusie dat er noch kwalitatief noch kwantitatief van een behoorlijke overeenkomst sprake is. Zowel op de Westerschelde als in het mondingsgebied komen verschillen tussen berekende en gemeten correcties voor van 25 à 30 millilanes.

Uit de resultaten voor de rode bundel kan worden afgeleid dat een der belangrijkste oorzaken van de locale patroon-

- afwijkingen -

afwijkingen gezocht dient te worden in het verschil in voortplantingssnelheid over land en over water. Voor de paarse bundel, waarbij de signalen van de volgzender te Schipluiden een grote verscheidenheid van landpaden en water-vlakten passeren is het echter bijzonder moeilijk om voor elke bodemsoort de juiste voortplantingssnelheid in rekening te brengen.

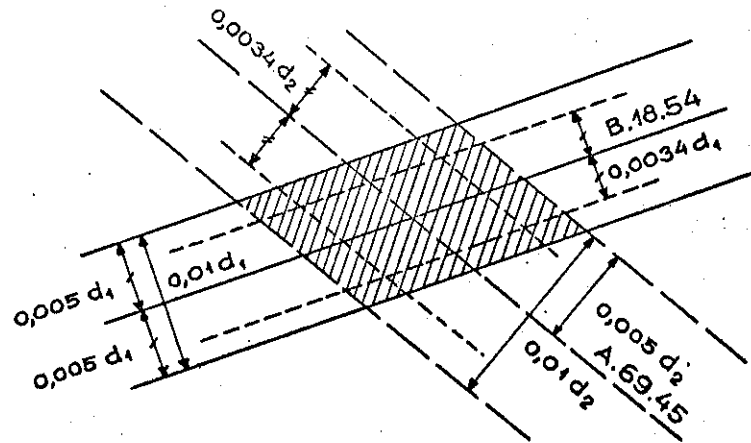
De patroonafwijkingen die worden veroorzaakt door overgangen van land naar water en reflecties van b.v. duinen kunnen ook niet in rekening worden gebracht.

Ook de omstandigheid dat de feitelijke ontvangercorrectie niet constant is (par.4.4), terwijl een gemiddelde ontvangercorrectie aangehouden moest worden kan een factor van betekenis zijn bij de gevonden afwijkingen tussen de meetuitkomsten en de theoretische waarden.

De gevonden variaties in de locale patroonafwijkingen als functie van de waterstand (par. 4.9.2, tabel 2, en de bijlagen 19 en 20) komen redelijk overeen met de theoretische verschillen tussen de patroonafwijkingen bij H.W. en die bij L.W. Uit de bijlagen 19 en 20 blijkt echter dat de extreme waarden niet samenvallen met L.W. resp. H.W.

4.10 De afleesnauwkeurigheid.

In hoofdstuk 2 is er reeds op gewezen dat de afleesnauwkeurigheid (uitgedrukt in m) afhankelijk is van de lanebreedte en van de snijdingshoek van de positielijnen van de beide patronen. Bijlage 6 geeft een aantal lijnen waarvoor de lanebreedte constant is en lijnen waarvoor de snijdingshoek constant is. Een Decca-positie geeft het snijpunt aan van twee positielijnen. Bij het operationeel gebruik van de Decca Delta Keten wordt in honderdsten van een lane afgelezen. Dit betekent in feite dat het vaartuig bij een bepaalde waargenomen Decca-positie zich kan bevinden op ieder punt binnen het parallellogram dat wordt begrensd door lijnen evenwijdig aan de twee bewuste positielijnen op een afstand van 0,005 lane hiervan.



Er bestaat geen enkele voorkeur voor een bepaalde positie binnen het parallellogram, m.a.w. er is hier sprake van een rechthoekige kansverdeling. Naar analogie van de standaardafwijking bij een normale verdeling kan men als maat voor de afleesnauwkeurigheid aanhouden dat deel der laanbreedte dat door 32% van alle waarnemingen zal worden overschreden en dus groter is dan 68% van de waarnemingen. Evenwijdig aan de positielijnen kunnen nu deze σ -lijnen worden getrokken op een afstand van $0,68 \times 0,005 d = 0,0034 d$. De door deze lijnen begrensde figuur zij nu het "68% foutenparallellogram".

4.11 Samenvatting.

Teneinde de operationele nauwkeurigheid van de Decca Delta Keten te kunnen vaststellen is het van belang dat per waarnemingspunt de standaardafwijkingen van de diverse fouten, zoals die optreden bij normaal gebruik bij b.v. peilwerkzaamheden, worden bepaald. Daarbij is verondersteld dat elk der afwijkingen normaal verdeeld is.

De drift- of referenceafwijking is gewoonlijk zeer gering (par. 4.2).

De lineariteitsafwijking is behandeld in par. 4.3 en de resultaten van een serie metingen is weergegeven op bijlage 7. In die paragraaf is er reeds op gewezen dat de lineariteit en met de decometerstand en in de tijd vrij grote variaties vertoont.

De ontvangerafwijking (par. 4.4) is eveneens onderzocht. De resultaten van dit onderzoek zijn vermeld op bijlage 8.

In par. 4.5 is er op gewezen dat de traagheids-correctie afhankelijk is van de vaarrichting terwijl de vaarsnelheid van weinig invloed is. De traagheidscorrectie kan vrij redelijk vooraf worden gecorrigeerd (zie ook lit. 10).

In par. 4.6 zijn de monitorafwijkingen behandeld. De resultaten van metingen ter bepaling van deze afwijking zijn opgenomen op de bijlagen 9 t/m 12 terwijl de resultaten van een bewerking hiervan zijn opgenomen in tabel 1.

De in par. 4.7 behandelde luchtstoring en invloed van de ruimtegolf is òf zeer gering òf zo groot dat de metingen moeten worden gestaakt.

De in de par. 4.8 en 4.9 besproken locale-patroon-correcties zijn gedeeltelijk te verklaren en uit te rekenen. Uit de metingen aan de hand waarvan men de bijlagen 17 en 18 heeft samengesteld en uit de gegevens van de bijlagen 19 en 20 blijkt dat de locale patroonafwijking ook aan variaties onderhevig is.

Tenslotte kan nog een fout i.v.m. de afleesnauwkeurigheid in rekening worden gebracht (par. 4.10).

Gedeeltelijk konden de standaardafwijkingen worden berekend, gedeeltelijk moest o.a. door het ontbreken van voldoende waarnemingen een standaardafwijking worden geschat. In de volgende beschouwing is gebruik gemaakt van de in tabel 3 genoemde standaardafwijkingen.

Tabel 3. Standaardafwijkingen.

Soort afwijking	Bundel	
	Rood	Paars
Drift	1	1
lineariteitsafw.	5	5
ontvangerafw.	5	7
traagheidsafw.	1	1
monitorafw.	6	9
afw. t.g.v. atmosf. omst.	1	1
locale patroonafw.	5	7
afleesnauwk.	3,4	3,4

Daar al deze correcties onafhankelijk van elkaar optreden kan de resulterende standaard afwijking bepaald worden:

$$\sigma^2 = \sigma_{\text{lin.}}^2 + \sigma_{\text{ontv.}}^2 + \sigma_{\text{mon.}}^2 + \sigma_{\text{drift}}^2 + \sigma_{\text{loc.}}^2 + \sigma_{\text{afl.}}^2 + \sigma_{\text{traagh.}}^2 + \sigma_{\text{atm.}}^2$$

We vinden dan voor rood $\sigma_R = 11$ duizendste lane en voor paars $\sigma_P = 15$ duizendste lane.

Op grond van theoretische overwegingen dient men bij afwijkingen, die voldoen aan een normale verdeling, een "fouten ellips" te construeren, die voor het onderhavige geval volgens lit. 1 als vergelijking heeft

$$\frac{x^2}{\sigma_x^2} + \frac{y^2}{\sigma_y^2} = \ln N^2$$

waarin:

x, y : de coördinaten in het plaatselijke door de positielijnen vastgelegde scheefhoekige assenstelsel;

$\frac{1}{N}$: dat gedeelte van (het zeer grote aantal) waarnemingen dat buiten de ellips valt.

Indien we de 68%-fouten ellips willen tekenen dan is

$$\frac{1}{N} = 0,32 \text{ of } N = 3,12; \ln N^2 = 2,28 = (1,51)^2$$

De vergelijking van de 68%-fouten ellips is dus:

$$\frac{x^2}{\sigma_x^2} + \frac{y^2}{\sigma_y^2} = (1,51)^2 \text{ of } \frac{x^2}{(1,51 \sigma_x)^2} + \frac{y^2}{(1,51 \sigma_y)^2} = 1$$

$$\sigma_x = \sigma_R = 1,1 \times \text{lanebreedte rode patroon: } 100$$

$$\sigma_y = \sigma_P = 1,5 \times \text{lanebreedte paarse patroon: } 100$$

$$\text{of } \sigma_R = \frac{1,1 \cdot d_R}{100} \text{ en } \sigma_P = \frac{1,5 \cdot d_P}{100}$$

dus:

$$\frac{x^2}{\left(\frac{1,51 \cdot 1,1 \cdot d_R}{100}\right)^2} + \frac{y^2}{\left(\frac{1,51 \cdot 1,5 \cdot d_P}{100}\right)^2} = 1$$

of

$$\frac{x^2}{(0,0166 d_R)^2} + \frac{y^2}{(0,0227 d_P)^2} = 1$$

Voor een groot aantal punten in het Deltagebied (bijlage 21) zijn de 68% fouten ellipsen bepaald. Voor de betreffende punten zijn $0,01 d_R$ en $0,01 d_P$ bepaald aan de hand van

- bijlage 6, -

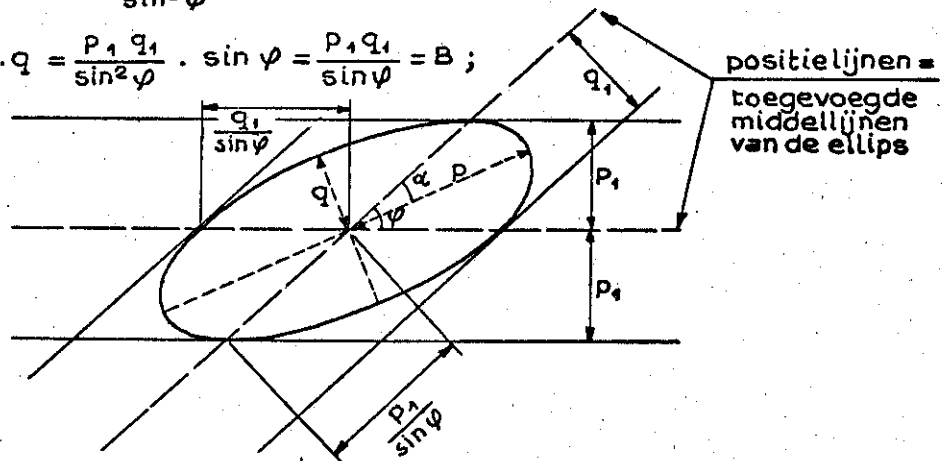
bijlage 6 (geldig voor het berekende net volgens bijlage 3) en vermenigvuldigd met 1,66 resp. 2,27.

De aldus gevonden $p_1 (= 0,0166 d_R)$ en $q_1 (= 0,0227 d_p)$ geven de afstand aan van de evenwijdige lijnen t.o.v. de rode resp. paarse positielijn. Binnen het parallellogram dat door deze evenwijdige lijnen wordt gevormd kan nu de 68% fouten ellips worden getekend. De richtingen van de toegevoegde middellijnen komen overeen met die van de rode, resp. de paarse positielijn ter plaatse. De hoek φ tussen de toegevoegde middellijnen is dus gelijk aan de hoek tussen de beide positielijnen. Deze hoek kan ook aan bijlage 6 worden ontleend. De halve lengte van de toegevoegde middellijnen zijn $\frac{p_1}{\sin \varphi}$ resp. $\frac{q_1}{\sin \varphi}$. De lengte van de hoofdasen van de ellips en de richting van de lange hoofdas zijn als volgt bepaald:

Noem de halve lange hoofdas: p en de halve korte hoofdas: q en de tangens van de hoek α tussen de lange hoofdas en de langste van de twee gegeven toegevoegde middellijnen: m . Nu geldt (zie fig.):

$$p^2 + q^2 = \frac{p_1^2 + q_1^2}{\sin^2 \varphi} = A;$$

$$p \cdot q = \frac{p_1 q_1}{\sin^2 \varphi} \cdot \sin \varphi = \frac{p_1 q_1}{\sin \varphi} = B;$$



$$p = \frac{\sqrt{A + \sqrt{A^2 - 4B^2}}}{2} \text{ en } q = \frac{\sqrt{A - \sqrt{A^2 - 4B^2}}}{2} = \frac{B}{p}$$

$$\frac{p^2 m^2 + q^2}{m(p^2 - q^2)} = \tan \varphi;$$

$$p^2 m^2 - (p^2 - q^2) \tan \varphi \cdot m + q^2 = 0;$$

$$\text{Noem } p^2 = P; q^2 = Q \text{ en } (p^2 - q^2) \tan \varphi = R;$$

$$P m^2 - R m + Q = 0; m = \frac{R \pm \sqrt{R^2 - 4PQ}}{2P};$$

$$m = \tan \alpha \text{ dus } \alpha = \arctan m.$$

Met behulp van de IME- tafelrekenautomaat was het betrekkelijk eenvoudig van een groot aantal punten p,q en α te berekenen. Aan de hand van deze gegevens kon bijlage 21 worden getekend. Volledigheidshalve dient te worden opgemerkt dat de gemiddelde correcties per punt op deze bijlage niet in rekening zijn gebracht. Dit is in beginsel door verschuiving van de snijpunten der positielijnen wel mogelijk, maar dat zou aan het beeld van bijlage 21 weinig of niets veranderen. De standaardafwijkingen van tabel 3 hebben alle betrekking op variaties in de afwijkingen met een korte periode bij operationeel gebruik waarbij alle afwijkingen die van moment tot moment veranderen niet worden gecorrigeerd.

Op de bijlagen 22 t/m 24 wordt een overzicht gegeven van zowel de foutenellipsen als van de gemiddelde gemeten locale patrooncorrecties in het gebied van de Westerschelde en de Westerscheldemond met het aansluitende zeegebied. De correcties in meters zijn per bundel als vector in de richting loodrecht op de richting van de betreffende positielijn uitgezet, daarbij rekening houdend met het teken van de correctie. Daarna zijn deze correcties van de twee bundels vectorisch opgeteld. De op deze bijlagen opgenomen 68% foutenellipsen zijn identiek aan die van bijlage 21 en hebben dus betrekking op de nauwkeurigheid van de Decca Delta Keten bij operationeel gebruik. De ellipsen hebben uiteraard geen betrekking op de nauwkeurigheid waarmee de locale patrooncorrecties zijn bepaald.

Hoofdstuk 5. BEOORDELING VAN DE NAUWKEURIGHEID.

Onder ideale omstandigheden zal een waargenomen Decca-positie steeds precies overeenkomen met de Decca kaart positie van dat betreffende punt. Door instabiliteit van de apparatuur en door vervormingen van het uitgestraalde patroon door atmosferische en geografische omstandigheden zal in een bepaald punt niet altijd precies dezelfde Decca positie worden waargenomen. Naarmate nu de variaties in de Deccawaarnemingen in een vast punt of de onderlinge verschillen in de posities van de punten waarin dezelfde Deccawaarnemingen zijn verricht kleiner zijn is de herhaalbaarheid van het -

haalbaarheid van het systeem gunstiger.

De herhaalbaarheid is bij het gebruik van de Decca Delta Keten vaak minstens zo belangrijk als de absolute nauwkeurigheid: het gaat meestal om de vergelijking van verschillende peilingen in dezelfde raai waarbij de absolute ligging van de raai minder belangrijk is. Uiteraard zijn er ook diverse werkzaamheden waarbij de absolute nauwkeurigheid wel van groot belang is, b.v. peilingen bij oevers of als iets moet worden opgespoord waarvan wel de kaartpositie maar geen eerder verrichte Deccawaarnemingen bekend zijn.

Bij een bestudering van bijlage 21 kan worden geconstateerd dat de herhaalbaarheid (repeatability) het beste is op de Oosterschelde en het Grevelingenbekken ($p < 15$ à 16 m). Op de Westerschelde is de herhaalbaarheid iets ongunstiger ($p < 20$ m), behalve ten oosten van Hansweert waar deze veel slechter is dan op de Oosterschelde. ($p = 30$ à 40 m). In het kustgebied is de herhaalbaarheid in de Oosterscheldemond vrij goed maar deze neemt in noordelijke, westelijke en zuidelijke richting vrij sterk in kwaliteit af. Ten westen van Zeebrugge is $p > 140$ m , ong. 25 km ten westen van Westkapelle is $p > 50$ m. Bijlage 21 geeft overigens een volledig overzicht.

In de hier volgende beschouwing zal verder alleen de Westerschelde, de Westerscheldemond en het aangrenzende zeegebied ter sprake worden gebracht.

Bij de beoordeling van de nauwkeurigheid van een plaatsbepalingssysteem moet gelet worden op de absolute nauwkeurigheid, en op de relatieve nauwkeurigheid waarmee de nauwkeurigheid in vergelijking met die van andere plaatsbepalingssystemen wordt bedoeld. Het enige andere plaatsbepalingssysteem dat thans op de Westerschelde en in het aangrenzende kust-gebied kan worden gebruikt is de terrestrische plaatsbepaling ¹⁾.

1) Voor detailleringen wordt ook nog gebruik gemaakt van het "Atlas" radiolog, maar aangezien dit systeem niet geschikt is om in een beperkt gebied door meer dan één vaartuig gelijktijdig te worden gebruikt zal dit systeem hier buiten beschouwing worden gelaten.

Naar de nauwkeurigheid der terrestrische plaatsbepaling op de Westerschelde is bij de Studiedienst Vlissingen een onderzoek gaande; eerst nadat de uitkomsten hiervan ter beschikking zullen staan is een nadere beschouwing van de relatieve nauwkeurigheid van de Decca Delta Keten mogelijk.

Uit de bijlagen 22 t/m 24, waarop naast de gemiddelde gemeten locale patrooncorrecties per meetpunt ook de 68%-fouten-ellipsen voor de gekozen punten (e.e.a. overeenkomstig bijlage 21) zijn getekend, blijkt dat de nauwkeurigheid van de Decca Delta Keten voor het Westerscheldebekken en het aangrenzende kustgebied niet overal constant is.

De locale patrooncorrecties zijn het kleinst, en vertonen de minste variaties in grootte en richting in de omgeving van Hoedekenskerke en Hansweert. Dit moge ook blijken uit tabel 4, waarin per ladingvak (bijlage 21) de gemiddelde patroonafwijking R_{gem} , resp. P_{gem} en de bijbehorende standaardafwijkingen σ_R , resp. σ_P in millilanes voor de rode en de paarse bundel zijn vermeld. Voor de berekening van deze grootheden per ladingvak is gebruik gemaakt van de gemiddelde locale patrooncorrecties per meetpunt (bijlage 17 en 18).

- Tabel 4 -

Tabel 4.

Locale patrooncorrecties per ladingvak in millilanes.

Vak nr.	Rood		Paars	
	Rgem	σ_R	Pgem	σ_P
2	- 4	11	- 9	12
3	- 6	7	+20	5
4	+ 4	7	+24	10
5	+10	12	+30	10
6	- 3	13	+26	5
11	-30	6	+ 9	9
12	-29	6	+ 1	14
13	-23	10	- 7	12
14	-19	10	- 3	17
15	-11	9	+ 5	12
16	- 5	10	+ 6	9
17	- 7	9	+15	12
18	-22	17	+ 9	8

Het zal in vele gevallen om praktische redenen voor de hand liggen de waargenomen Decca-posities per ladingvak te corrigeren; men moet dan echter wel een grotere standaardafwijking voor de locale patroonafwijking in rekening brengen dan in tabel 3 is vermeld. De variaties in de locale patrooncorrectie is per ladingvak uiteraard groter dan per waarnemingspunt. Met behulp van de in tabel 4 genoemde standaardafwijkingen kunnen nu per ladingvak de 68% foutenellipsen worden berekend. In tabel 5 zijn de halve lange as (p) en de halve korte as (q) per ladingvak vermeld in meters (deze ellipsen zijn verder niet getekend).

Tabel 5.

Halve aslengten 68% foutenellipsen per ladingvak in meters.

Vak nr.	2	3	4	5	6	11	12	13	14	15	16	17	18
p	36	18	23	21	20	27	34	47	67	93	47	32	23
q	10	8	9	10	12	13	14	19	24	25	20	14	16

Uit tabel 5 blijkt dat de nauwkeurigheid van de Decca Delta Keten in de vakken 3, 4 en 5 in dezelfde orde van grootte ligt als in vak 6. Vak 6 en een gedeelte van vak 5 (de Drempel van Borssele) worden op de Decca Delta Keten gepeild. Incidenteel zijn er in de vakken 4 en 5 detailleringen op deze Keten verricht. Hierbij ontstonden moeilijkheden bij het vergelijken van de uitkomsten met die van voorgaande peilingen die op het terrestrische raaienstelsel waren uitgevoerd. Een belangrijke oorzaak kan gezocht worden in het gebruik op de Zwake van een roterende omvormer voor de voeding van de Decca-apparatuur. Met name onder de oever, waar langzaam gevaren moet worden liep de spanning van de dynamo van de hoofdmotor, waardoor de omvormer werd gevoed, sterk terug. Dit zal ongetwijfeld een miswijzing van de Decca ten gevolge hebben gehad. Later is op de Zwake een transistoromvormer geplaatst. Hiermee doen zich geen moeilijkheden met de voeding voor.

De nauwkeurigheid van de plaatsbepaling m.b.v. het terrestrische raaienstelsel wordt zoals vermeld thans bestudeerd. De eindresultaten hiervan staan nog niet ter beschikking. Wel kan reeds gesteld worden dit systeem minstens zo nauwkeurig is als de Decca Delta Keten, zo niet nauwkeuriger.

Met betrekking tot het mondingsgebied kan gesteld worden dat de nauwkeurigheid in de vakken 11, 12, 17 en 18 nog vrij redelijk is voor de periodieke lodingen van deze vakken. Daar de onderwatertaluds in dit gebied in het algemeen zeer flauwe hellingen hebben zal een afwijking in de plaatsbepaling, die gelijk is aan 1 à 2 maal de standaardafwijking namelijk geen ingrijpende fout in de dieptebepaling veroorzaken.

In de vakken 13 t/m 16 is de nauwkeurigheid nog aanzienlijk ongunstiger dan in de vakken 11, 12, 17 en 18. Daar de vakken 13 t/m 16 voor de Belgische kust liggen is het moeilijk om de aan de kust grenzende vakken terrestrisch te peilen. Afhankelijk van het doel der meetwerkzaamheden zal men de mogelijkheden en bezwaren van het gebruik van de Decca Delta Keten en eventuele alternatieve plaatsbepalingssystemen moeten onderzoeken.

Hoofdstuk 6. SAMENVATTING EN CONCLUSIES.

In 1958 werd de Decca Delta Keten in gebruik genomen. Deze keten is in de eerste plaats opgericht ten behoeve van hydrografische werkzaamheden in de omgeving van de te bouwen Deltadammen in het Brouwershavensche Gat en in de Oosterschelde, terwijl het systeem tevens geschikt diende te zijn voor peilwerkzaamheden in de Westerscheldemonde en het kustgebied voor Zuid-west-Nederland. De resultaten van de studie naar de nauwkeurigheid van een dergelijk systeem, die aan het aanschaffen van de Decca Delta Keten is voorafgegaan, zijn neergelegd in de nota 57.2 van de Studiedienst Vlissingen (lit. 5).

Nadat de Keten in bedrijf was gesteld zijn er in het gebied van de Westerschelde en de Westerscheldemonde een groot aantal correctiemetingen uitgevoerd. De resultaten van deze metingen zijn in deze nota besproken in hoofdstuk 4, nadat in hoofdstuk 2 het principe van het systeem en in hoofdstuk 3 de belangrijkste theoretische foutenbronnen zijn behandeld. In hoofdstuk 5 wordt een beoordeling van de nauwkeurigheid van de Decca Delta Keten aan de hand van de meetresultaten gegeven. Korthedshalve wordt hier naar de betreffende hoofdstukken verwezen.

Het in deze nota gerapporteerde onderzoek heeft geleid tot de volgende conclusies:

conclusie 1: Daar de fouten t.g.v. verkeerde bediening en/of aflezing van de apparatuur niet kunnen worden vastgesteld, is het i.v.m. de gewenste nauwkeurigheid van de plaatsbepaling van groot belang dat vakbekwaam en ervaren personeel de waarnemingen verricht.

conclusie 2: De afwijkingen van instrumentele aard in de ontvangers kunnen in de praktijk slechts gedeeltelijk worden gecorrigeerd (al of niet tijdens het meten); het betreft hier de drift of referenceafwijking (par. 4.2), de lineariteitsafwijking (par. 4.3), de ontvangerafwijking (par. 4.4) en de traagheidsafwijking (par. 4.5).

conclusie 3: De veelal constant veronderstelde ontvangerafwijking blijkt in feite onderhevig te zijn aan veranderingen (par. 4.4).

conclusie 4: Bij het bepalen van de locale patrooncorrecties aan de hand van de in 1965, 1966 en 1967 uitgevoerde metingen is in deze nota noodgedwongen uitgegaan van een constante ontvangerafwijking per ontvanger en per bundel.

Voor deze constanten zijn gebruikt de gemiddelden van de in deze periode verrichte waarnemingen (bijlage 8).

conclusie 5: Uit de monitorwaarnemingen volgt dat de nauwkeurigheid van de plaatsbepaling kan worden opgevoerd door het gebruik van een monitorstation in de naaste omgeving van het werkgebied (par. 4.6); dit in verband met eventuele regionale verschuivingen in het patroon.

conclusie 6: Uit de meetresultaten (par. 4.9) volgt dat de locale patroonafwijkingen (het verschil tussen de Decca kaartpositie en de met de monitorafwijking gecorrigeerde werkelijke Deccapositie ter plaatse) voor een belangrijk deel het gevolg zijn van de variaties in de voortplantingssnelheid van de elektromagnetische golven (par. 4.9.3).

conclusie 7: In de omgeving van oevers en kusten (ter plaatse van veranderingen in de voortplantingssnelheid) zijn de locale patroonafwijkingen het grootst (par. 3.5 en 4.9).

conclusie 8: Bij operationeel gebruik van de Decca Delta Keten is de nauwkeurigheid van de rode bundel groter dan die van de paarse bundel. Het automatisch sturen van het paarse patroon door de te Den Haag (nabij het Vasisverlengde) geplaatste monitor levert geen grote stabiliteit op voor dit patroon (bijlagen 9 en 11).

conclusie 9: De nauwkeurigheid in meters is afhankelijk van de nauwkeurigheid in millilanes (en daarmee van de baanbreedte) en van de snijdingshoek der beide positielijnen in het waarnemingspunt (par. 2.6 en 2.7).

conclusie 10: Indien de waarnemingen worden gecorrigeerd met de gemiddelden van alle in hoofdstuk 4 van deze nota genoemde afwijkingen en de nauwkeurigheid dus alleen afhankelijk is van de resultante der standaardafwijkingen (par. 4.11, tabel 3) kan per bundel een nauwkeurigheid worden bereikt van 11 millilanes voor rood en van 15 millilanes voor paars. De bij deze nauwkeurigheid behorende 68% foutenellipsen zijn getekend op bijlage 21.

Deze ellipsen zijn gebaseerd op de berekende en/of geschatte standaardafwijkingen per bundel voor elk der afwijkingen afzonderlijk. Al zijn de ellipsen dus niet exact bepaald, toch kan er een grote mate van nauwkeurigheid aan worden toegekend.

conclusie 11: In het verleden waren de in hoofdstuk 4 bepaalde fouten (gemiddelde en standaardafwijking) niet of niet nauwkeurig bekend. De waarnemingen werden in de praktijk niet gecorrigeerd met de gemiddelde lineariteitsafwijking en de gemiddelde monitorafwijking, terwijl slechts de voorlopig bepaalde locale patrooncorrecties konden worden toegepast. De zo verkregen nauwkeurigheid van de plaatsbepaling in het verleden kan op grond hiervan gesteld worden op 2 à 3 centilanes.

conclusie 12: Uit overwegingen van principiële en praktische aard verdient het aanbeveling in de toekomst alle in deze nota genoemde gemiddelde correcties in rekening te brengen met uitzondering van de gemiddelde locale patrooncorrectie per meetpunt (deze gemiddelde locale patrooncorrecties staan aangegeven op de bijlagen 17 en 18). In plaats hiervan zou het de overweging verdienen om de gemiddelde locale patrooncorrectie per ladingvak (tabel 4) in rekening te brengen. De daarbijbehorende nauwkeurigheid kan vertaald worden in de 68% foutenellipsen per ladingvak. De halve lange en de halve korte as van deze ellipsen zijn vermeld in tabel 5.

Opmerkingen: De per februari 1970 aangebrachte frequentiewijziging (bijlage 4) zal weinig invloed hebben op de conclusies van deze nota. De gemiddelden van de lineariteitsafwijking, van de ontvangerafwijking en van de locale patroonafwijking moeten opnieuw worden vastgesteld. De standaardafwijkingen van al de in deze nota behandelde correcties zullen overigens niet of nauwelijks veranderen; de 68% foutenellipsen zullen ook thans nog van toepassing zijn.

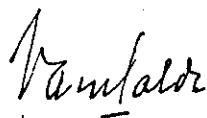
Een voortdurende controle van de diverse afwijkingen blijkt steeds van het grootste belang; ook als er geen veranderingen aan de keten worden aangebracht.

Naschrift: Bij het samenstellen van deze nota zijn veel meetresultaten verwerkt. Bij het verzamelen en uitwerken van al de betreffende metingen hebben de Waterloopkundige Afdeling van de Delta-dienst en de Meetkundige Dienst alle vereiste medewerking verleend. De metingen zijn verricht onder leiding van de heer F.A.J. Minneboo van de Studiedienst Vlissingen, die tevens een niet onbelangrijk aandeel heeft gehad in de uitwerking der metingen.

Gezien:

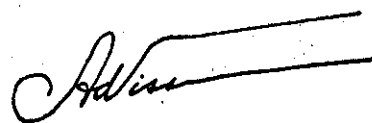
Het Hoofd van de Studiedienst

Vlissingen,



(Ir. J. van Malde)

De Ingenieur 1e kl.



(Ir. A. de Visser)

Vlissingen, augustus 1971.

LIJST VAN GERAADPLEEGDE LITERATUUR.

- lit. 1 N.N.: Hydrografisch Opnemen.
Ministerie van Marine, Afdeling Hydrografie (1952).
- lit. 2 B.G. Pressey, G.E.Ashwell and C.S.Fowler: Change of
phase with distance of a low-frequency ground wave
propagated across a coast-line. Proceedings I.E.E.,
Paper no. 2082 R, (July 1956).
- lit. 3 B.G. Pressey and G.E. Ashwell: The deviation of low-
frequency ground waves at a coast-line. Proceedings
I.E.E., Paper no. 2083 R, (July 1956).
- lit. 4 N.N.: Vereffeningsmethoden bij hydrografische opne-
mingen. Ministerie van Marine, Afdeling Hydrografie
(1957).
- lit. 5 ir. F.J.Sprenger: De toepassingsmogelijkheden van het
Decca Survey System voor plaatsbepaling bij hydrogra-
fische opnemingen van de Zuid-Hollandse- en Zeeuwse
stromen en het daarvoor gelegen kustgebied. Nota 57.2
Studiedienst Vlissingen. (1957).
- lit. 6 J.Th.Verstelle: Rapport Deltachain. (1958).
- lit. 7 ir. H.Ph. van der Schaaf and P.Vetterli ing:
Computation of the Decca Pattern for the Netherlands
Delta Works.. Rijkswaterstaat Communications Nr. 2.
(1960).
- lit. 8 M.J. Moroney: Facts from figures. Penguin books. (1962).
- lit. 9 G.J. Sonnenberg: Moderne Radio-Navigatie middelen.
's-Gravenhage (1964).

- lit. 10 R.H.J. Morra ing: De operationele nauwkeurigheid van de Deltachain. Rijkswaterstaat, Deltadienst, Waterloopkundige Afdeling Rapport no. 1 (1964).
- lit. 11 P.J. Griep en J. Hup: Beschouwingen over de nauwkeurigheid van de Decca Delta Chain. Scriptie Delft, (juni 1966).
- lit. 12 F.A.J. Minneboo: Rapport Deccacorrectiebepalingen 1965, Rijkswaterstaat, Directie Zeeland, Studiedienst Vlissingen. (nota in voorbereiding).

Staat van bijlagen behorende bij nota 70.2;

de Decca Delta Keten

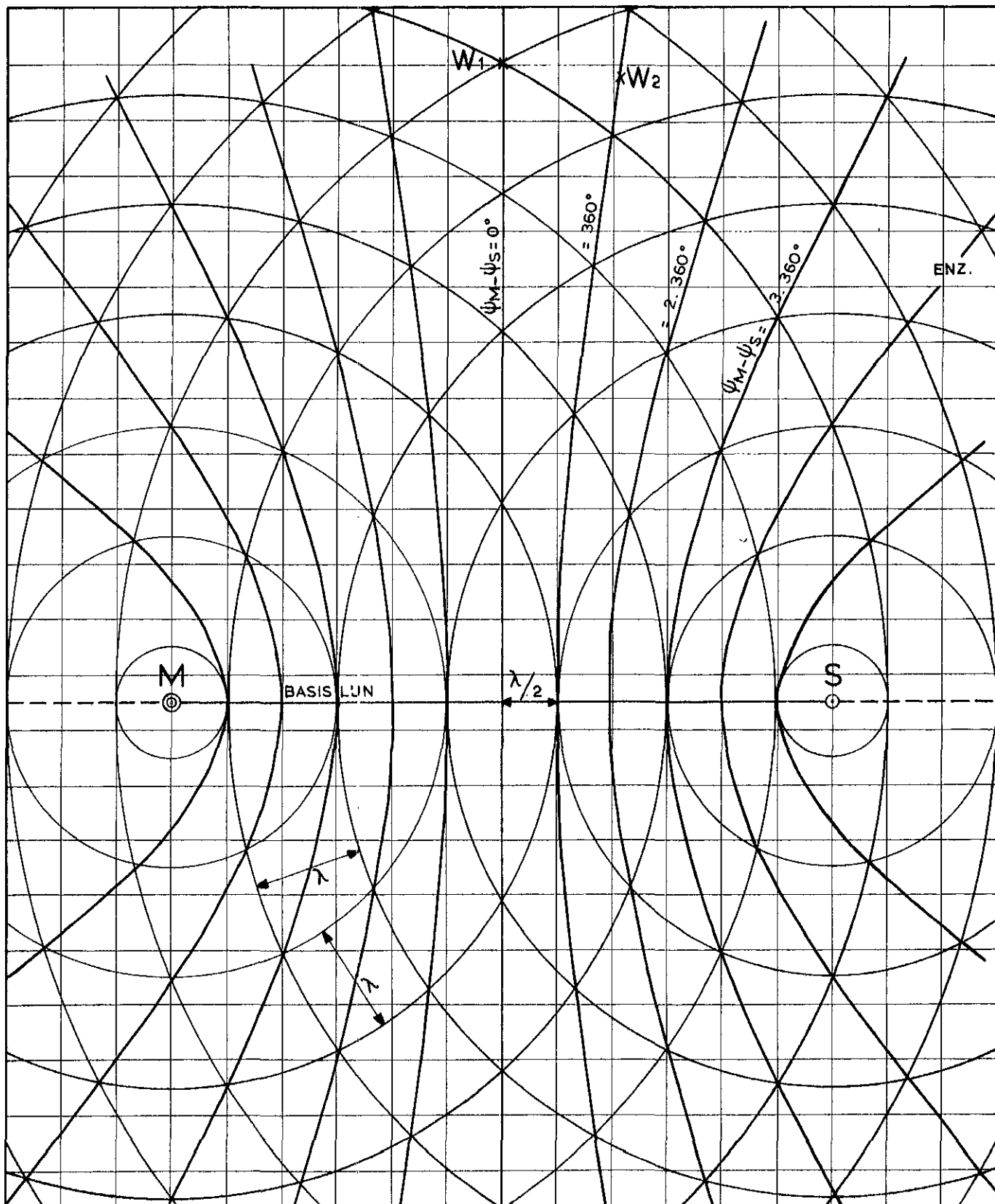
Bijlage nr.	Omschrijving	for- maat	stamboek nr.
1	Principe hyperbolenbundel	A1	70.601
2	Blokschema frequenties	A1	70.602
3	Decca Delta Keten, berekend net van nulhyperbolen	C4	70.603
4	Algemene gegevens	A1	70.604
5	Constructie van lijnen met con- stante lanebreedte	A1	70.605
6	Berekende m.pl. van constante lanebreedte resp. constante snij- dingshoek	B2	70.606
7	Lineariteitscorrecties	A2	70.607
8	Ontvangercorrecties en locale correctie Vlissingen	A1	70.608
9	Monitorcorrecties d.d. 12-5-'65	A1	70.609
10	Monitorcorrecties rode bundel 1967	A3	70.610
11	Monitorcorrecties paarse bundel 1967	A3	70.611
12	Monitorcorrecties d.d. 11-9-'69	A2	70.612
13	Berekende correctielijnen voor rode bundel bij H.W.	A3	70.613
14	Berekende correctielijnen voor paarse bundel bij H.W.	A3	70.614
15	Berekende correctielijnen voor rode bundel bij L.W.	A3	70.615
16	Berekende correctielijnen voor paarse bundel bij L.W.	A3	70.616
17	Gemeten locale patrooncorrecties voor de rode bundel	A4	70.617
18	Gemeten locale patrooncorrecties voor de paarse bundel	A4	70.618

Staat van bijlagen behorende bij nota 70.2;

de Decca Delta Keten

(vervolg)

Bijlage nr.	Omschrijving	for- maat	stamboek nr.
19	Gemeten locale patrooncorrecties bij de Springerplaten d.d. 20 en 27-7-'65	A2	70.619
20	Gemeten locale patrooncorrecties bij de Springerplaten d.d. 11- 9-'69	A2	70.620
21	68% foutenellipsen	B2	70.621
22	Gemeten locale patrooncorrecties Westerschelde, oostelijk gedeelte	B4	70.622
23	Gemeten locale patrooncorrecties Westerschelde, westelijk gedeelte	B3	70.623
24	Gemeten locale patrooncorrecties Mond Westerschelde	A3	70.624

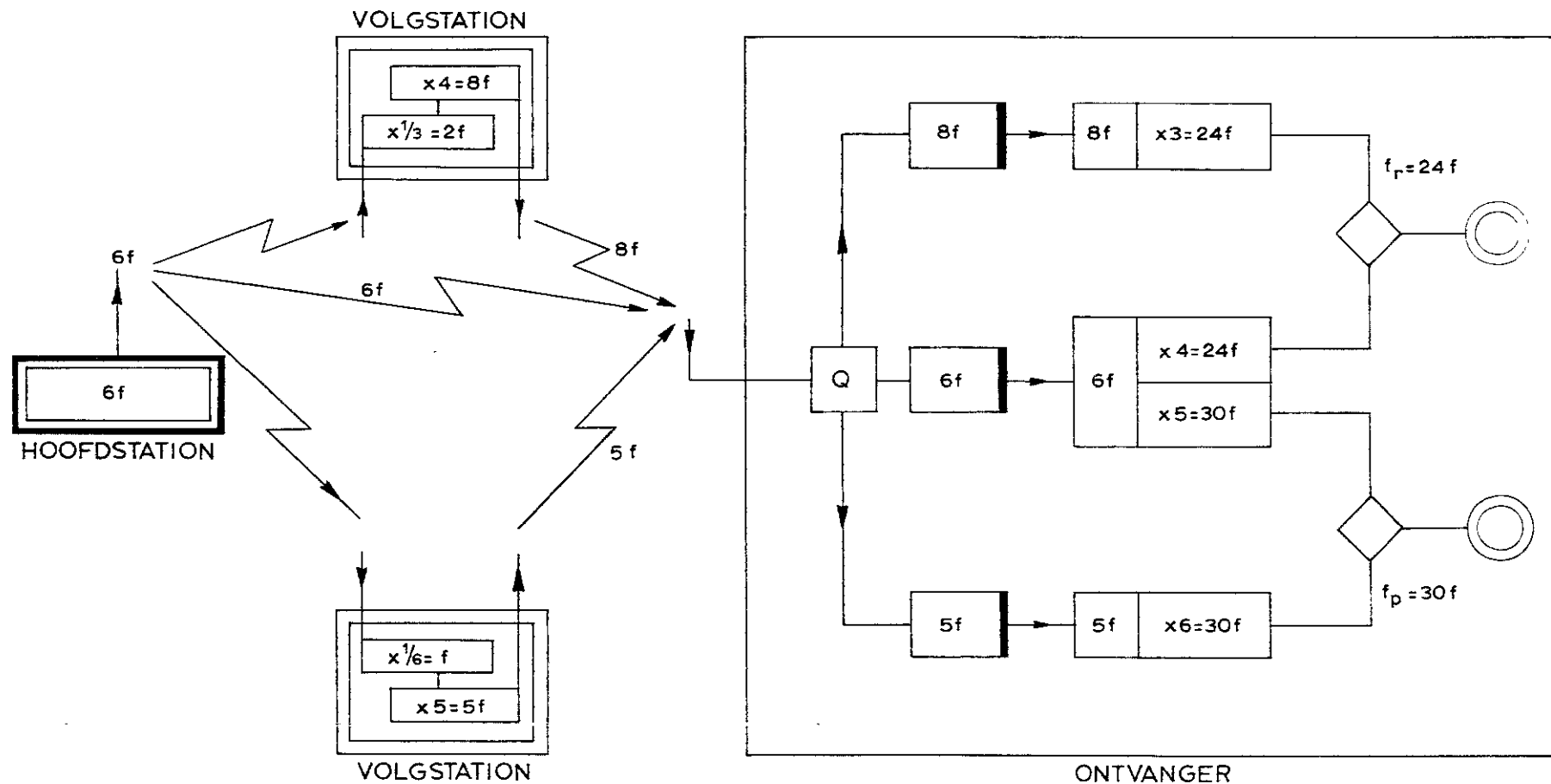


TOELICHTING

M = HOOFDZENDER
S = VOLGZENDER
W = WAARNEMINGSPUNT
MS = b = BASISLUN = n · λ (speciaal geval)
λ = VERGELIJKINGSGOLFLENGTE
λ/2 = LANEBREEDTE OP DE BASISLUN
ψ = FASE VAN DE GOLF

DECCA DELTA KETEN PRINCIPE HYPERBOLENBUNDEL

GET.	GEZ.	GEC.	AKK.		
24AUG70 J.B.	E.	Ad	Jul	RIJKS WATERSTAAT DIRECTIE ZEELAND STUDIEDIENST VLISSINGEN	A 1 70.601



DECCA DELTA KETEN
BLOKSCHEMA FREQUENTIES

RIJKSWATERSTAAT DIRECTIE ZEELAND
STUDIEDIENST VLISSINGEN

70.602

A1

GET.	22-4-70 W.M.
GEZ.	E.
GEC.	Ad
AKK.	Ad

f_r: VERGELUKINGSFREQUENTIE
RODE BUNDEL
f_p: VERGELUKINGSFREQUENTIE
PAARSE BUNDEL
f: BASISFREQUENTIE VAN
HET NET



0A POSITIE WAAR CORRECTIEMETINGEN
(TRAAGHEID INVLOED GETU) ZUN UITGEVOERD
ONTLEND AAN TEK. C5-59186 VAN WATERLOOPKUNDIGE
AFDELING VAN DE DELTADIENST

RUJKWATERSTAAT DIRECTIE ZEELAND	
STUDIEDIENST VLISSINGEN	
ALGEMEEN	
DECCA DELTA KETEN	
BEREKEND NET VAN NULHYPERBOLEN	
SEPT '70	SCHAAL 1:100.000
GEZ. E.	C4 70.603
SEC. M.	
ANW.	

POSITIES VAN DE ZENDERS IN COÖRDINATEN T.O.V. AMERSFOORT

M (RILLAND)	X = -82390,01 m	Y = -82171,31 m
R (SLUIS)	-138655,05 m	-93748,60 m
S (SCHIPLUIDEN)	-71641,19 m	-21588,71 m

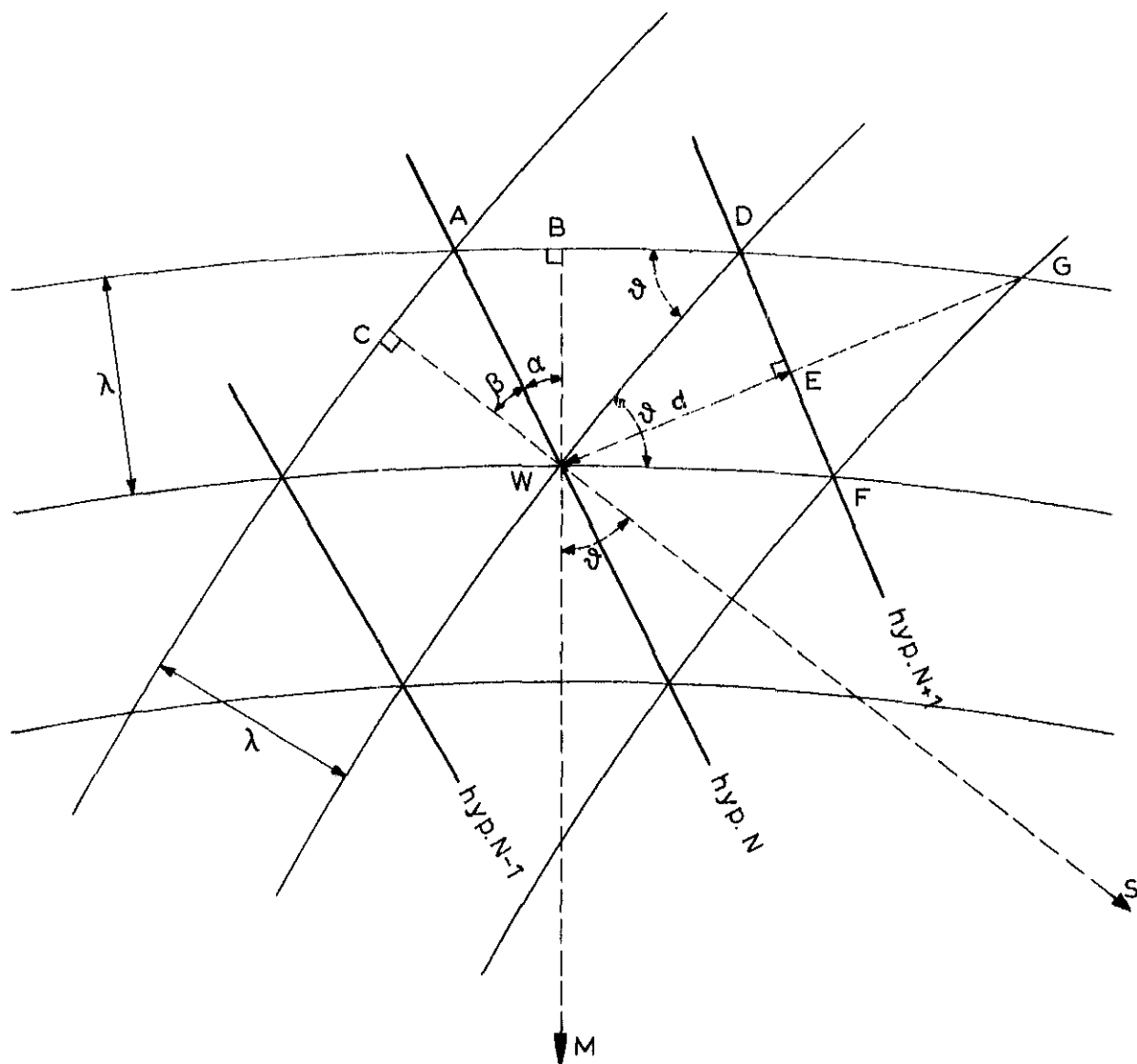
LENGTE BASISLJN	VIA AARDOPPERVLAK	IN KAARTPROJECTIE
MR-ROOD	57441,94 m	57443,78 m
MP-PAARS	61531,05 m	61528,76 m

	OUDE KETEN (OB)	NIEUWE KETEN (OOb)
BASISFREQUENTIE	14,0175 kHz	14,0025 kHz (f)
FREQUENTIE HOOFDZENDER	84,105 kHz	84,015 kHz (6f)
FREQUENTIE ROOD (R)	112,140 kHz	112,020 kHz (8f)
FREQUENTIE PAARS (P)	70,088 kHz	70,013 kHz (5f)
VERGEL.FREQ. (R)	336,420 kHz	336,060 kHz (24f)
VERGEL.FREQ. (P)	420,525 kHz	420,075 kHz (30f)
AANTAL LANES (R)	129,028	128,890
AANTAL LANES (P)	172,757	172,572
LANEBREEDTE BASISLJN (R)	445,204 m	445,680 m
LANEBREEDTE BASISLJN (P)	356,158 m	356,539 m
GOLFLENGTE (R)	890,408 m	891,361 m
GOLFLENGTE (P)	712,316 m	713,079 m

VOORTPLANTINGSSNELHEID:

OVER ZEE	$V_s = 299.674.965 \text{ m/s}$
OVER POLDERLAND	$V_l = 299.504.247 \text{ m/s}$
OVER DROGERE GRONDEN	$V_{l2} = 299.437.793 \text{ m/s}$
OVER DUINEN	$V_d = 299.300.000 \text{ m/s}$
GEM.RODE PATROON	$V_R = 299.541.455 \text{ m/s}$
GEM.PAARSE PATROON	$V_P = 299.557.700 \text{ m/s}$

GET.	GEZ.	GEC.	AKK.	DECCA DELTA KETEN ALGEMENE GEGEVENS			
AUG. '70 J.B.	E.	<i>Bel</i>	<i>Bel</i>	RIJKSWATERSTAAT DIRECTIE ZEELAND STUDIEDIENST VLISSINGEN		A1	70.604



M = HOOFDZENDER

S = VOLGZENDER

W = WAARNEMINGSPUNT

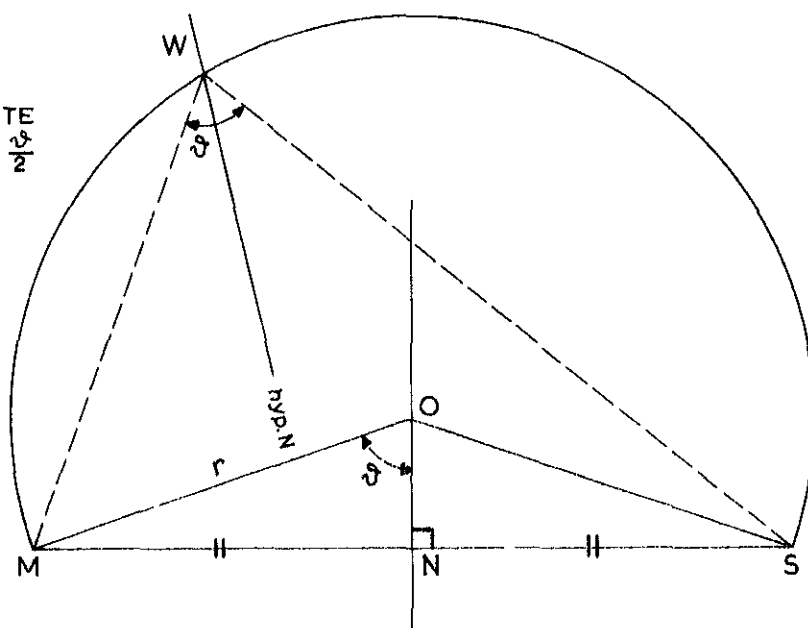
λ = VERGELUKINGSGOLFLENGTE

d = LANE BREEDTE = $\frac{\lambda}{2} \operatorname{COSEC} \frac{\vartheta}{2}$

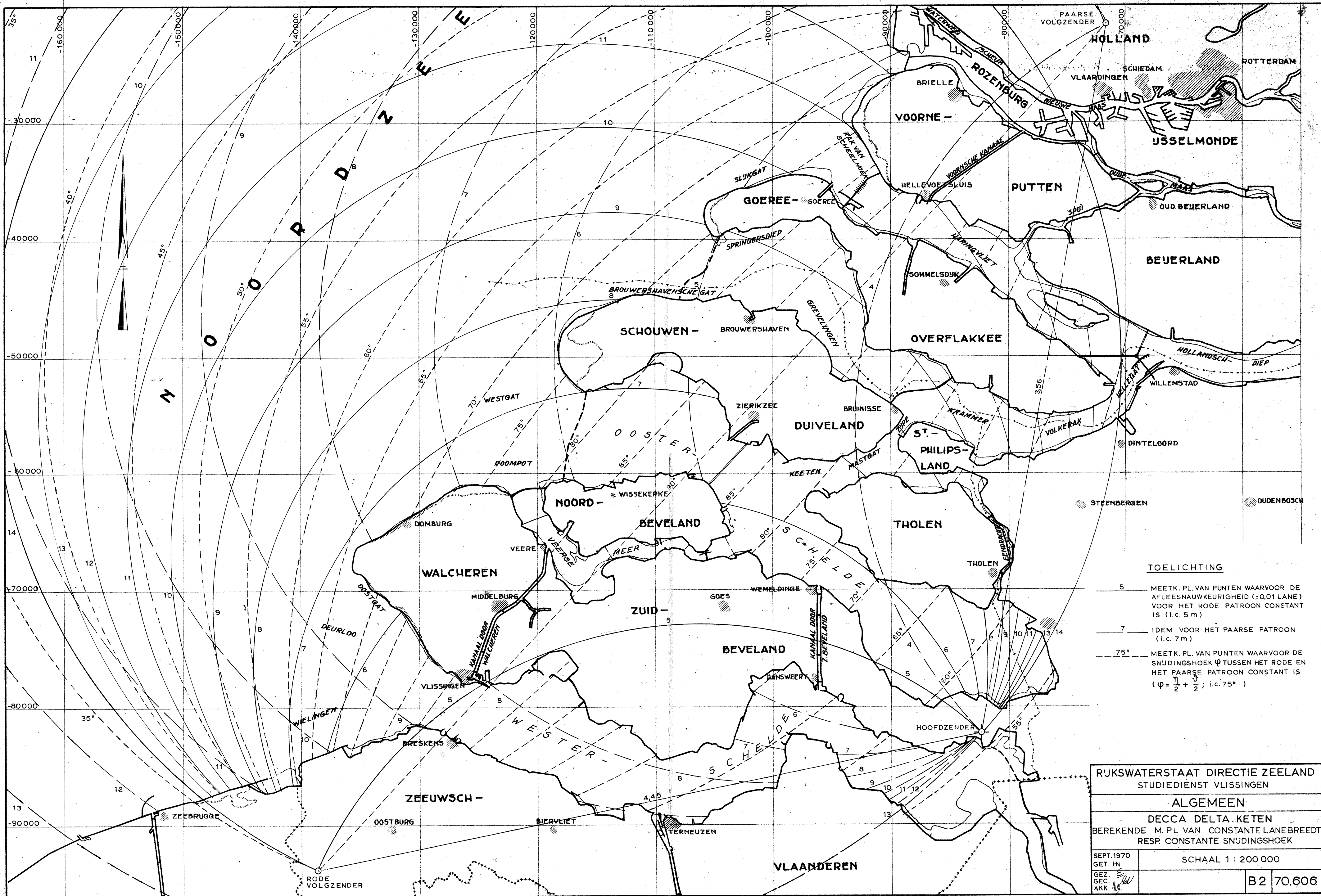
b = BASISLUN MS

r = $\frac{b}{2} \operatorname{COSEC} \vartheta$

NO = $\frac{b}{2} \operatorname{COTG} \vartheta$



GET.	GEZ.	GEC.	AKK.	DECCA DELTA KETEN		
				CONSTRUCTIE VAN LUNEN MET CONSTATE LANE BREEDTE		
APR.'70 HN	E.	Ad	<i>[Signature]</i>	RIKSWATERSTAAT DIRECTIE ZEELAND STUDIEDIENST VLISSINGEN	A 1	70.605

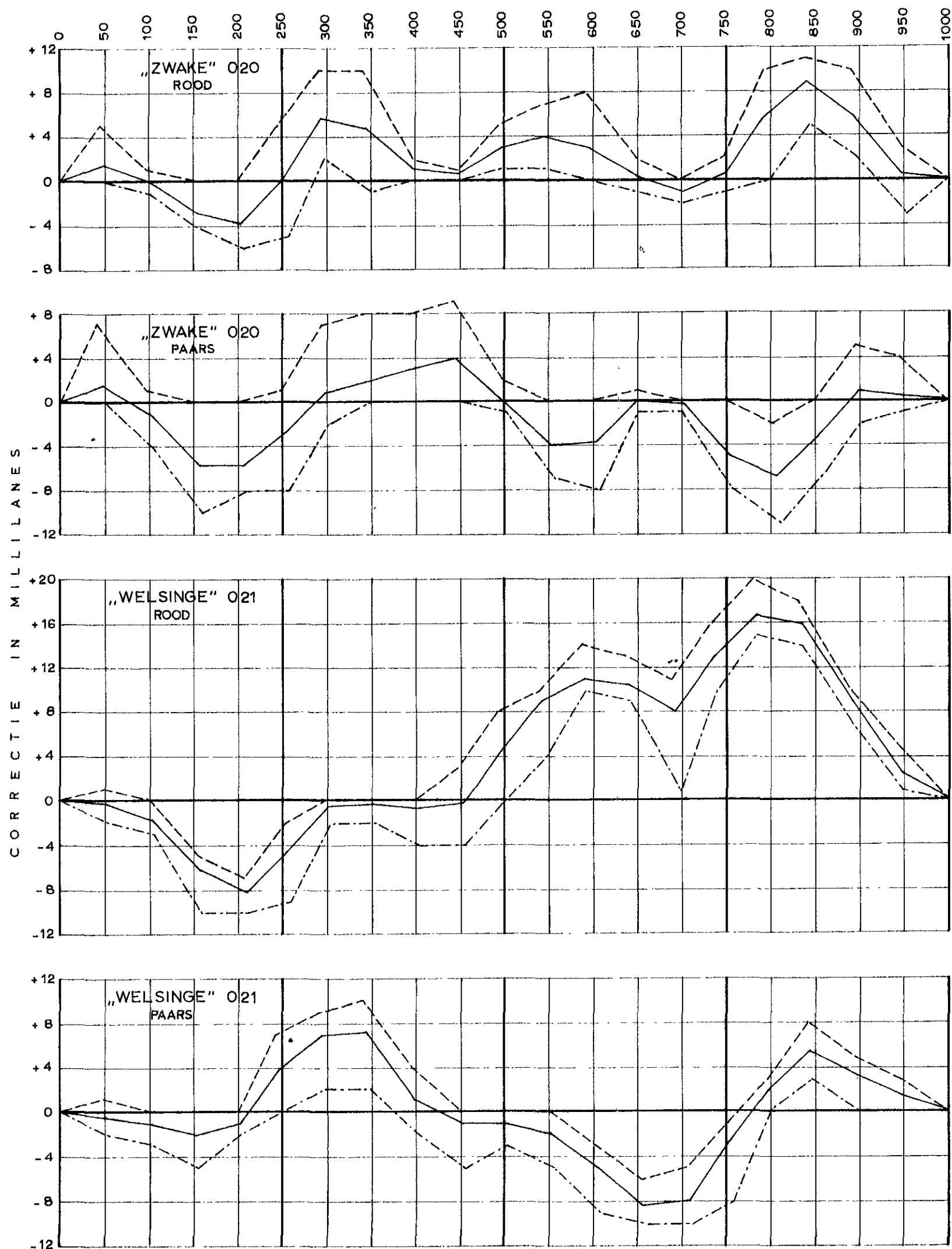


TOELICHTING

- 5 — MEETK. PL. VAN PUNTEN WAARVOOR DE AFLEESNAUWKEURIGHEID ($\pm 0,01$ LANE) VOOR HET RODE PATROON CONSTANT IS (i.c. 5 m)
- 7 — IDEM VOOR HET PAARSE PATROON (i.c. 7 m)
- 75° — MEETK. PL. VAN PUNTEN WAARVOOR DE SNJDINGSHOEK φ TUSSEN HET RODE EN HET PAARSE PATROON CONSTANT IS ($\varphi = \frac{1}{2} + \frac{3}{2}$; i.c. 75°)

RIJKSWATERSTAAT DIRECTIE ZEELAND STUDIEDIENST VLISSINGEN	
ALGEMEEN	
DECCA DELTA KETEN	
BEREKENDE M. PL. VAN CONSTATE LANEBREEDTE RESP. CONSTATE SNJDINGSHOEK	
SEPT. 1970 GET. H.	SCHAAL 1 : 200 000
GEZ. GEC. AKK.	B2 70.606

STAND RODE RESP PAARSE DECOMETER IN MILLILANES



TOELICHTING

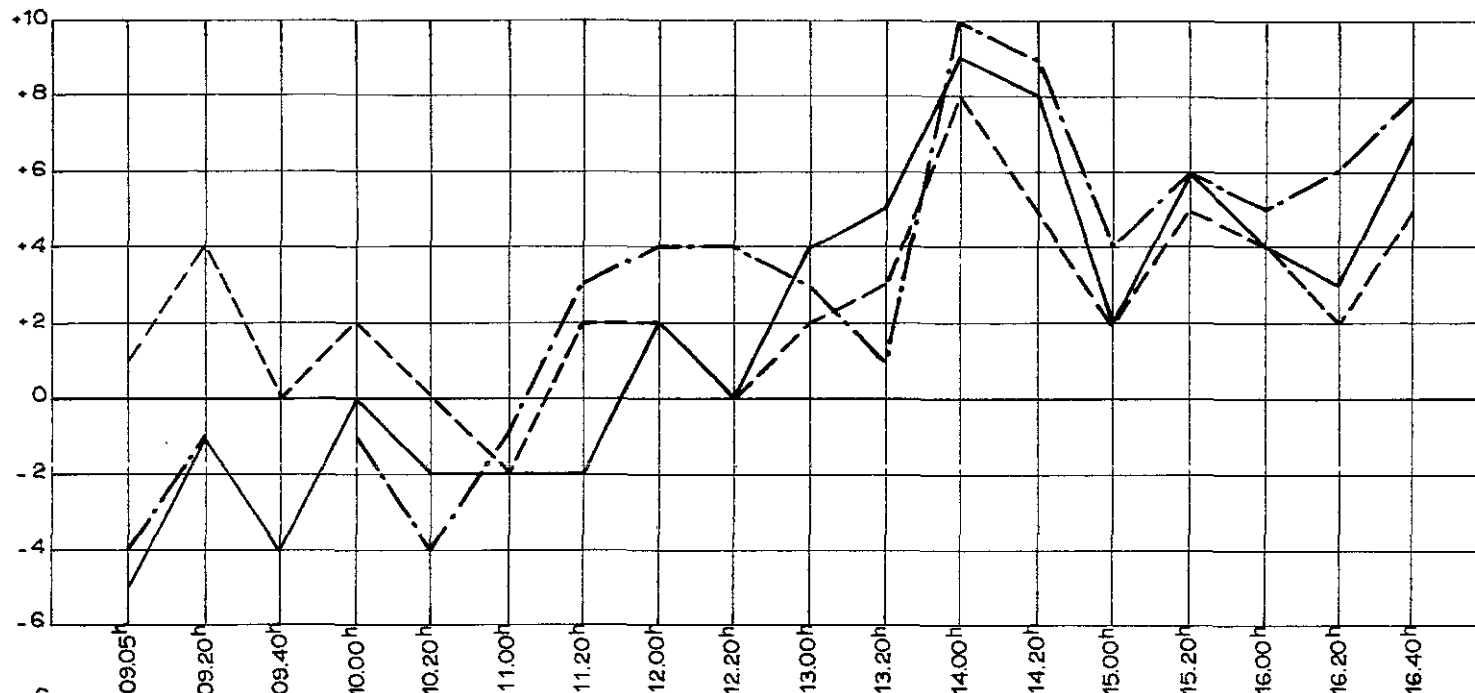
ONTVANGERS : 020 VAN DE „ZWAKE“ (8 MEETDAGEN, PERIODE 22-9-'67 TOT 16-10-'67)
 021 VAN DE „WELSINGE“/„WUTVLIET“ (6 MEETDAGEN, PERIODE 26-9-'67 TOT 16-10-'67)
 PER MEETDAG IS HET VOLLE BEREIK VAN DE ONDERDELENWUZER ÉÉNMAAL DOORGEMETEN

— GEMIDDELDE LINEARITEIT OVER DE PERIODE
 - - - - - MAXIMUM EN MINIMUM WAARGENOMEN LINEARITEIT

GET.	GEZ.	GEC.	AKK.	DECCA DELTA KETEN LINEARITEITS CORRECTIES		
24 AUG 70 J.B.	E.	Ad	Ad	RUKSWATERSTAAT DIRECTIE ZEELAND STUDIEDIENST VLISSINGEN		
				A2	70.607	

ONTVANGER	DATUM	PLAATS	ONTV. CORR.+LOC. CORR.		ONTV. CORR.		LOC. CORR. VLISS.	
			ROOD	PAARS	ROOD	PAARS	ROOD	PAARS
020	6-5-'66	ZUPE	- 15	+ 14	- 15	+ 14		
	6-5-'66	VLISSINGEN	- 19	+ 14	- 15	+ 14	- 4	0
	17-5-'68	ZUPE	- 12	+ 12	- 12	+ 12		
	21-5-'68	VLISSINGEN	- 22	+ 21	- 12	+ 12	- 10	+ 9
	29-8-'68	ZUPE	- 13	+ 18	- 13	+ 18		
	2-9-'68	VLISSINGEN	- 23	+ 36	- 13	+ 18	- 10	+ 18
021	4-10-'67	ZUPE	- 9	- 21	- 9	- 21		
	6-10-'67	VLISSINGEN	- 24	+ 10	- 9	+ 21	- 15	+ 31
	17-5-'68	ZUPE	- 2	- 19	- 2	- 19		
	20-5-'68	VLISSINGEN	- 15	- 5	- 2	- 19	- 13	+ 14
	27-8-'68	ZUPE	- 7	0	- 7	0		
	29-8-'68	VLISSINGEN	- 22	- 1	- 7	- 0	- 15	- 1
	TOTAAL VLISSINGEN						+ - 67	+ 71
	GEMIDDELD VLISSINGEN						- 11	+ 11
	STANDAARDAFWUKING					σ	4,2	12,0
020	1964 / 1968	GEM.	-19	+19	-8	+8	-11	+11
	(26 METINGEN)	σ	4,2	5,9				
021	1965 / 1968	GEM.	-22	- 1	-11	-12	-11	+11
	(10 METINGEN)	σ	4,6	6,9				

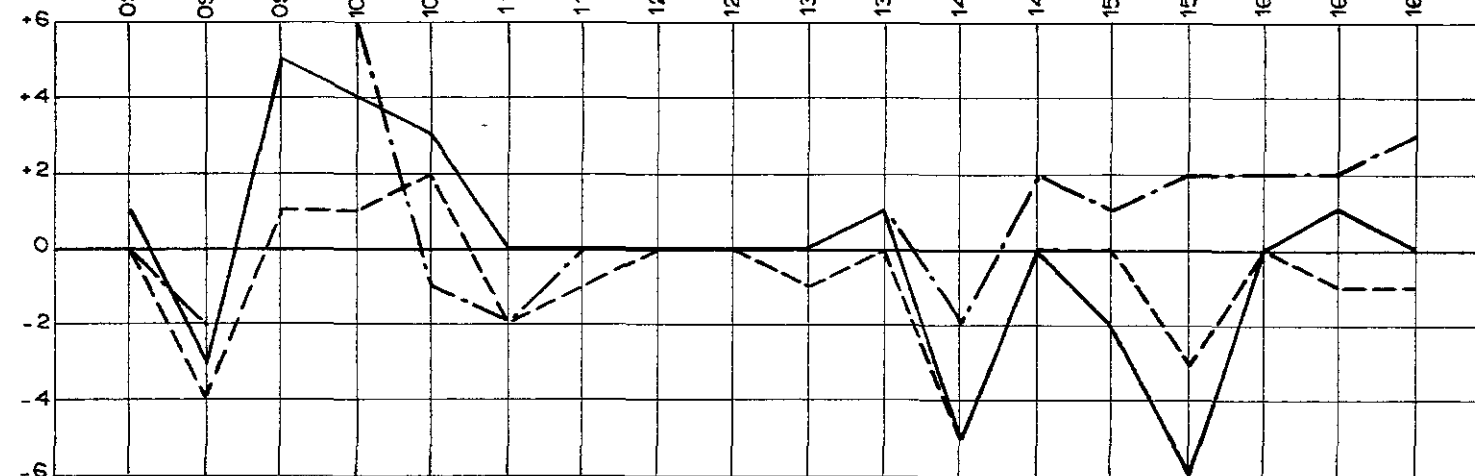
GET.	GEZ.	GEC.	AKK.	DECCA DELTA KETEN ONTVANGERCORRECTIES EN LOCALE CORRECTIE VLISSINGEN		
AUG. '70	3.	<i>Handwritten initials</i>	<i>Handwritten initials</i>			
J.B.				RIJKS WATERSTAAT DIRECTIE ZEELAND STUDIEDIENST VLISSINGEN		
				A1	70.608	



ROOD

OPMERKING

DE WAARNEMINGEN ZIJN SLECHTS BEKEND OP DE VERMELDE TIJDSTIPPEN. DE VERBINDINGSLIJNEN DIENEN SLECHTS TER VERDUIDELIJKING EN NIET OM HET VERLOOP VAN DE CORRECTIES AAN TE GEVEN.



PAARS

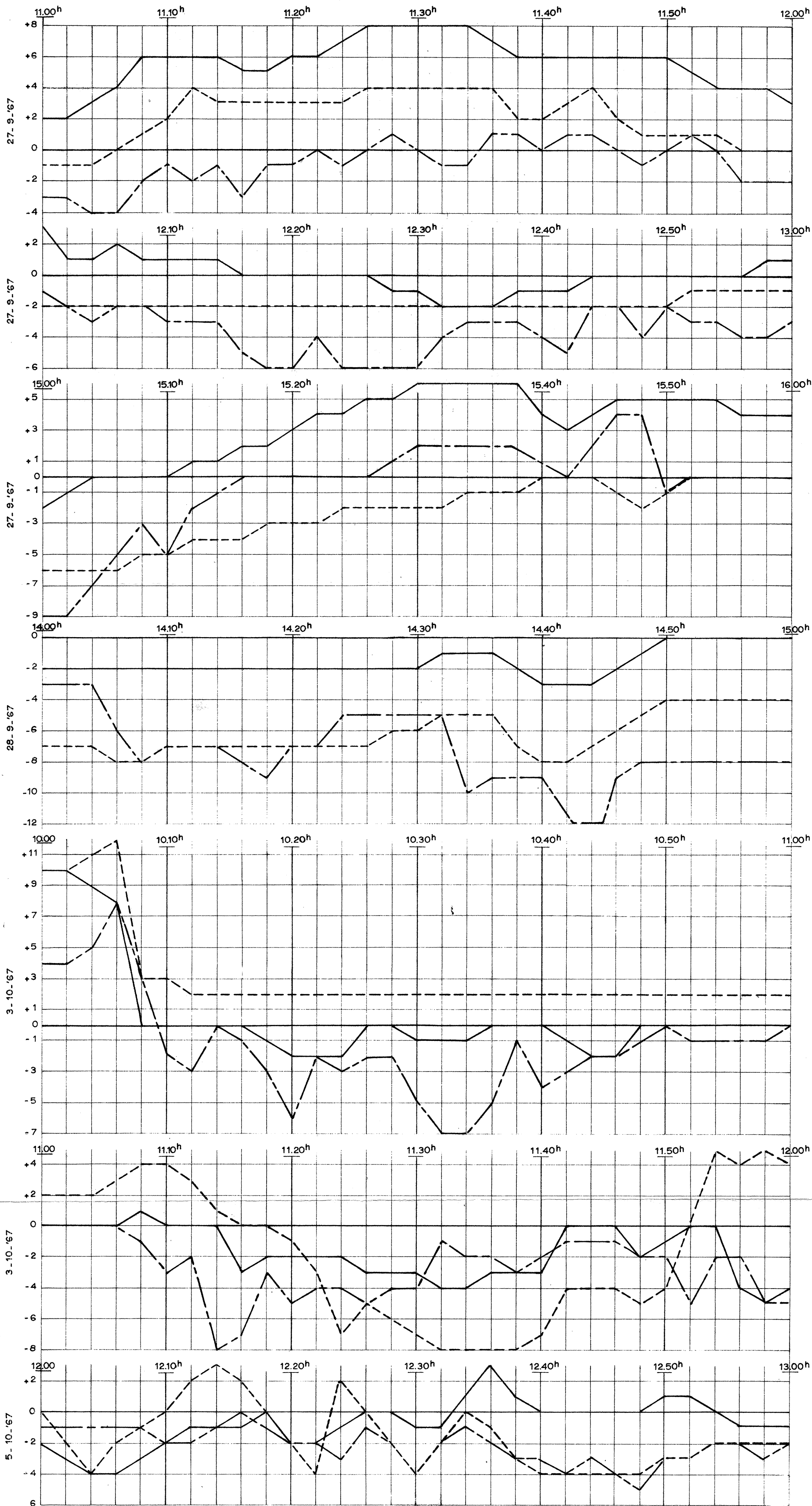
— ZUPE
 --- DEN HAAG
 -.- NIEUWE SLUIS
 CORRECTIES IN MILLILANES

GET.	GEZ.	GEC.	AKK.
AUG '70 J.B.	E.	Ad	16

DECCA DELTA KETEN
 MONITORCORRECTIES dd. 12-5-'65

RIJKSWATERSTAAT DIRECTIE ZEELAND
 STUDIEDIENST VLISSINGEN

A1 70.609

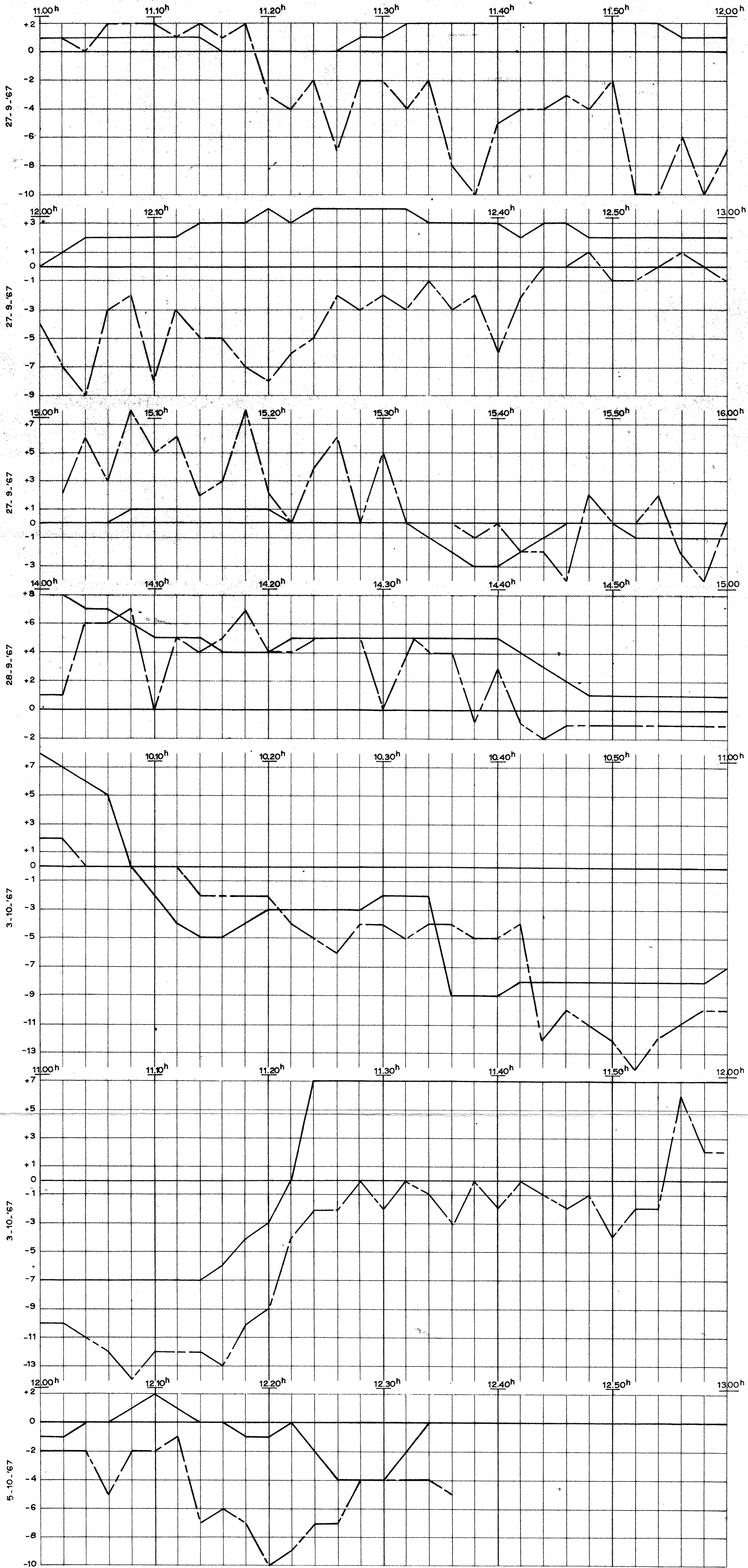


— ZIERIKZEE
 --- DEN HAAG
 -.- VLISSINGEN
 CORRECTIES IN MILLILANES

GET.	GEZ.	GEC.	AKK.
AUG. '70 J.B.	E.	<i>Ad</i>	<i>Ad</i>

DECCA DELTA KETEN
 MONITORCORRECTIES RODE BUNDEL 1967
 RUKSWATERSTAAT DIRECTIE ZEELAND
 STUDIEDIENST VLISSINGEN

A3 70.610

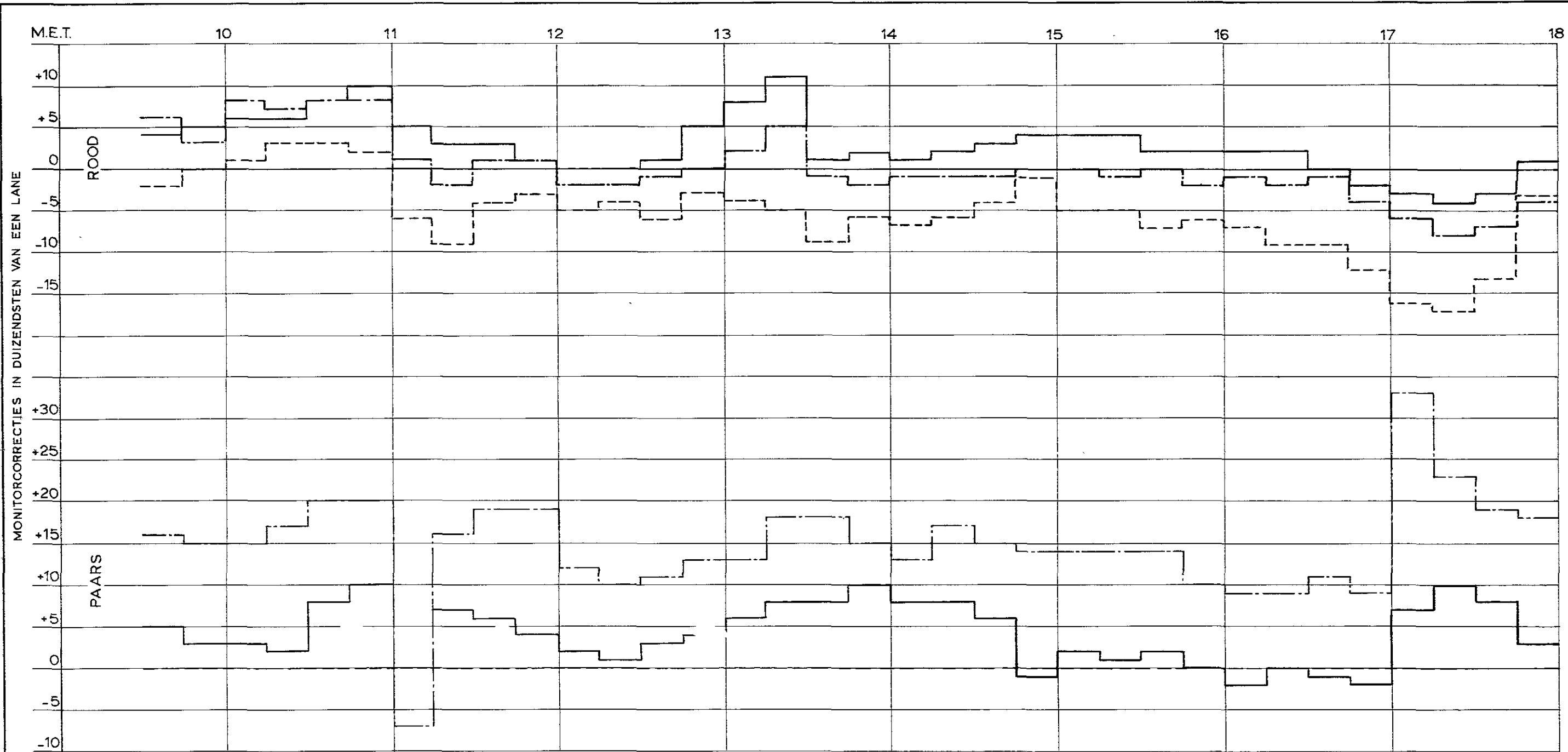


— ZIERIKZEE
 --- DEN HAAG = O. LIJN
 - . - VLISSINGEN
 CORRECTIES IN MILLILANES

GET.	GEZ.	GEC.	AKK.
AUG. '70 J.B.	E.	<i>Ad</i>	<i>Ad</i>

DECCA DELTA KETEN
 MONITORCORRECTIES PAARSE BUNDEL 1967
 RUKSWATERSTAAT DIRECTIE ZEELAND
 STUDIEDIENST VLISSINGEN

A3 70.611



TOELICHTING

- ZIERIKZEE
- DEN HAAG
- . - . - . VLISSINGEN

RJKSWATERSTAAT DIRECTIE ZEELAND STUDIEDIENST VLISSINGEN			
ALGEMEEN			
DECCA DELTA KETEN MONITORCORRECTIES d.d. 11-9-'69 GEMIDDELD PER 15 MIN.			
28 AUG. '70 GET. J.B.			
GEZ. <i>E</i>			
GEC. <i>Ad</i>			
AKK. <i>W</i>		A2	70.612

RUKSWATERSTAAT DIRECTIE ZEELAND
STUDIEDIENST VLISSINGEN

ALGEMEEN

DECCA DELTA KETEN
BEREKENDE CORRECTIELIJNEN
VOOR RODE BUNDEL BIJ HW

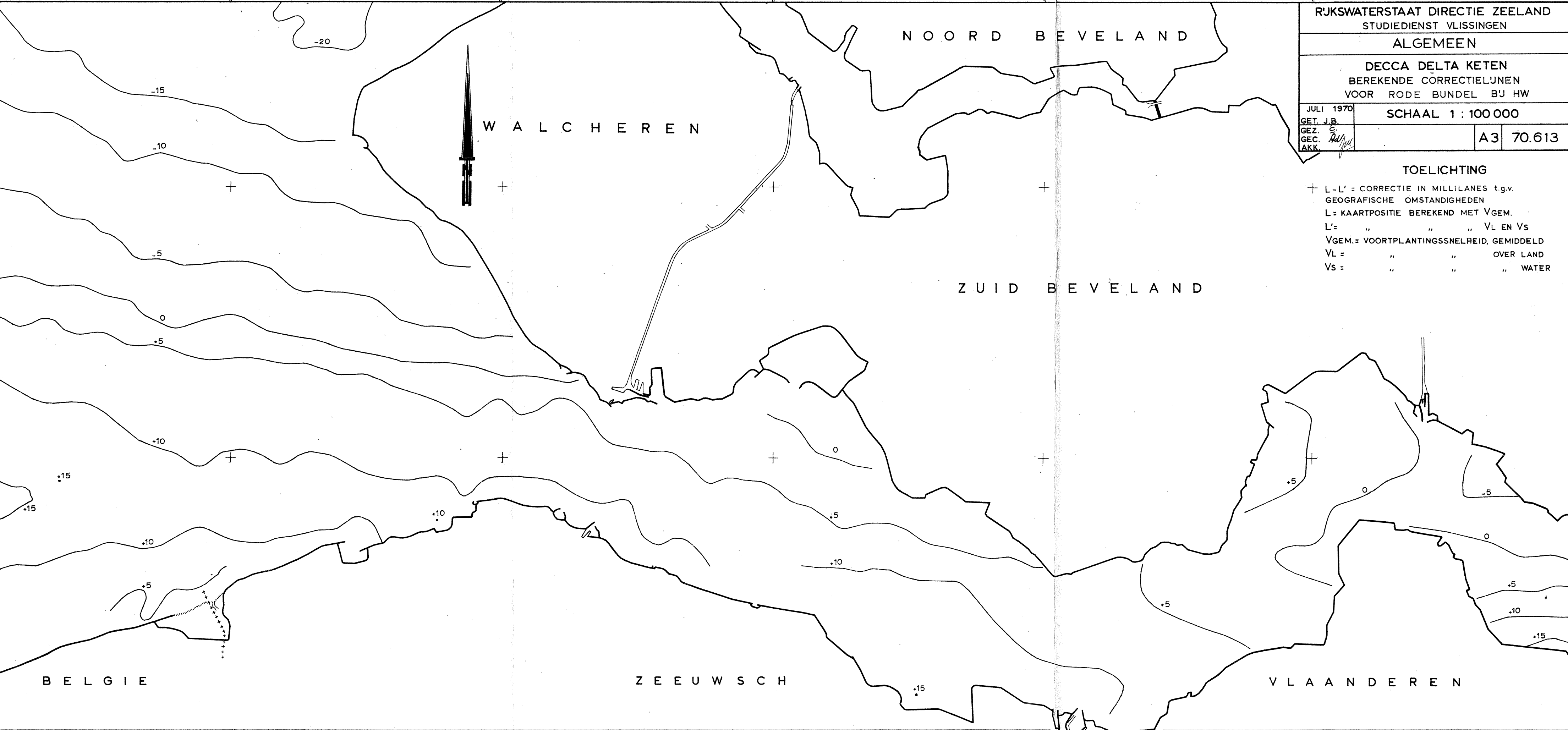
JULI 1970
GET. J.B.
GEZ.
GEC.
AKK.

SCHAAL 1 : 100 000

A3 70.613

TOELICHTING

+ L-L' = CORRECTIE IN MILLILANES t.g.v.
GEOGRAFISCHE OMSTANDIGHEDEN
L = KAARTPOSITIE BEREKEND MET VGEM.
L' = " " " VL EN VS
VGEM. = VOORTPLANTINGSSNELHEID, GEMIDDELD
VL = " " OVER LAND
VS = " " " WATER



RJKSWATERSTAAT DIRECTIE ZEELAND
STUDIEDIENST VLISSINGEN

ALGEMEEN

DECCA DELTA KETEN
BEREKENDE CORRECTIELIJNEN
VOOR RODE BUNDEL BJ LW

JULI 1970

SCHAAL 1 : 100 000

GET. J.B.

GEZ. *Ed*

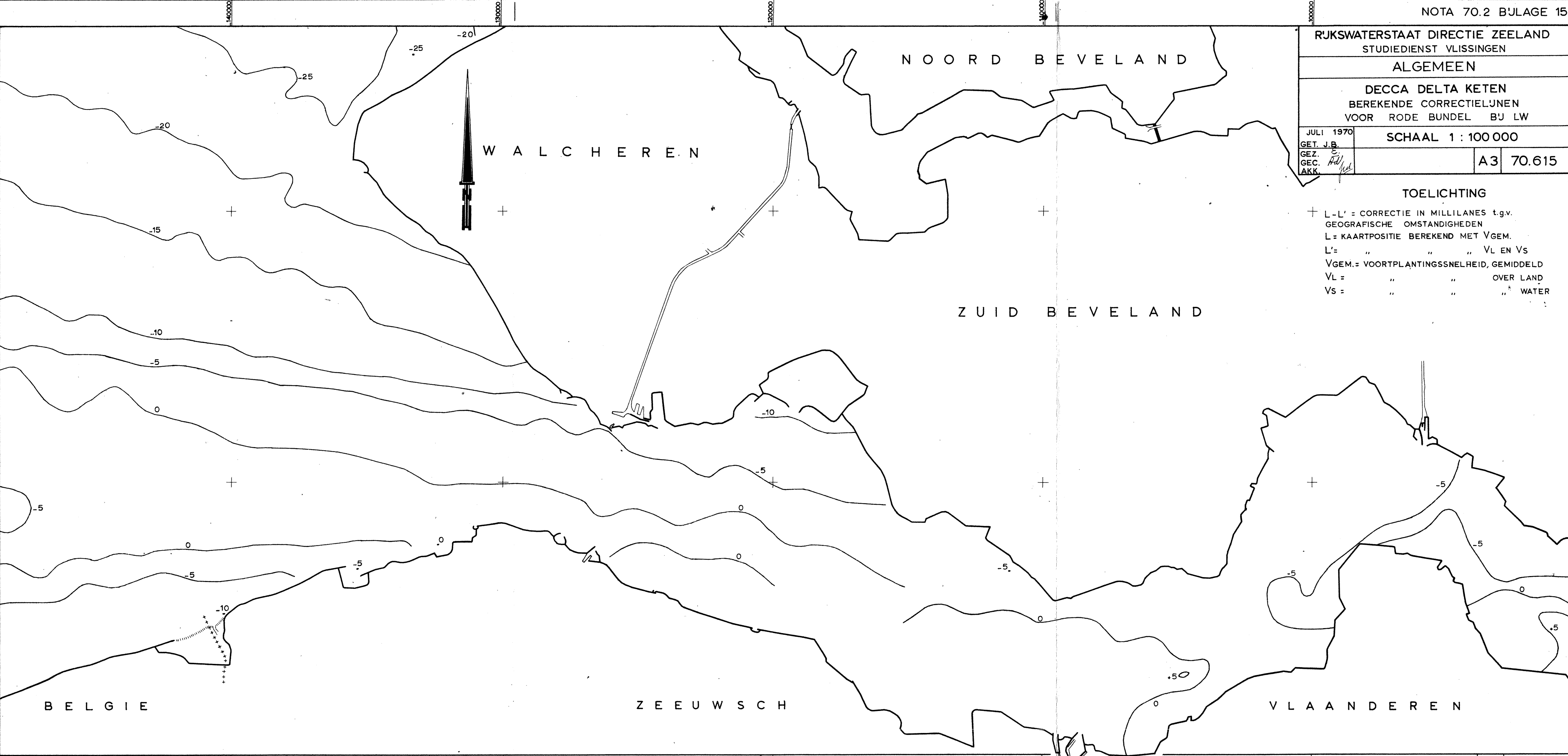
GEC. *Ed*

AKK. *Ed*

A3 70.615

TOELICHTING

+ L-L' = CORRECTIE IN MILLILANES t.g.v.
GEOGRAFISCHE OMSTANDIGHEDEN
L = KAARTPOSITIE BEREKEND MET VGEM.
L' = " " " VL EN VS
VGEM. = VOORTPLANTINGSSNELHEID, GEMIDDELD
VL = " " OVER LAND
VS = " " " WATER



RJKSWATERSTAAT DIRECTIE ZEELAND
STUDIEDIENST VLISSINGEN

ALGEMEEN

DECCA DELTA KETEN
BEREKENDE CORRECTIELIJNEN
VOOR PAARSE BUNDEL BIJ LW

JULI 1970

SCHAAL 1 : 100 000

GET. J.B.

GEZ. *E.*

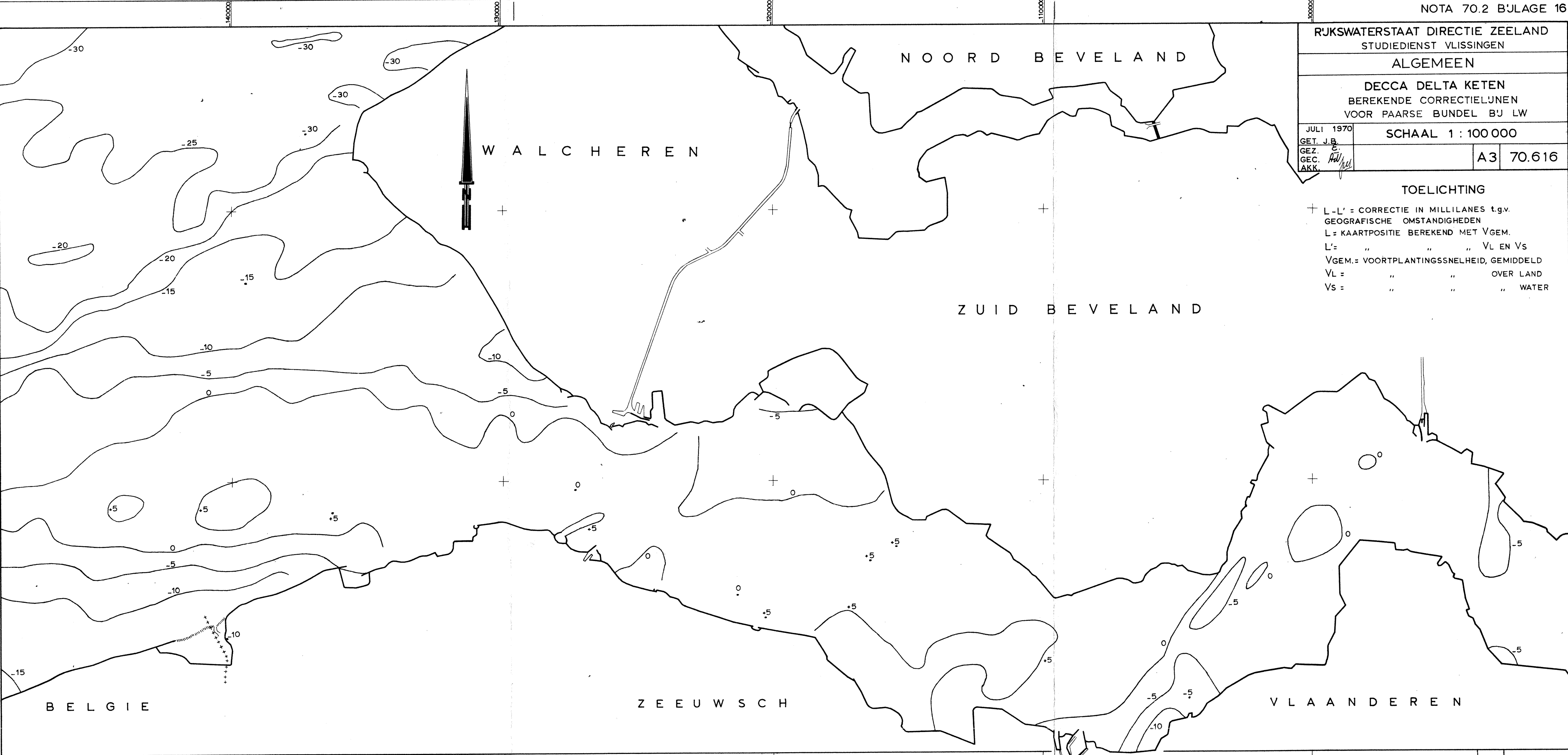
GEC. *AW*

AKK. *AW*

A3 70.616

TOELICHTING

+ L-L' = CORRECTIE IN MILLILANES t.g.v.
GEOGRAFISCHE OMSTANDIGHEDEN
L = KAARTPOSITIE BEREKEND MET VGEM.
L' = " " " VL EN Vs
VGEM. = VOORTPLANTINGSSNELHEID, GEMIDDELD
VL = " " OVER LAND
Vs = " " " WATER



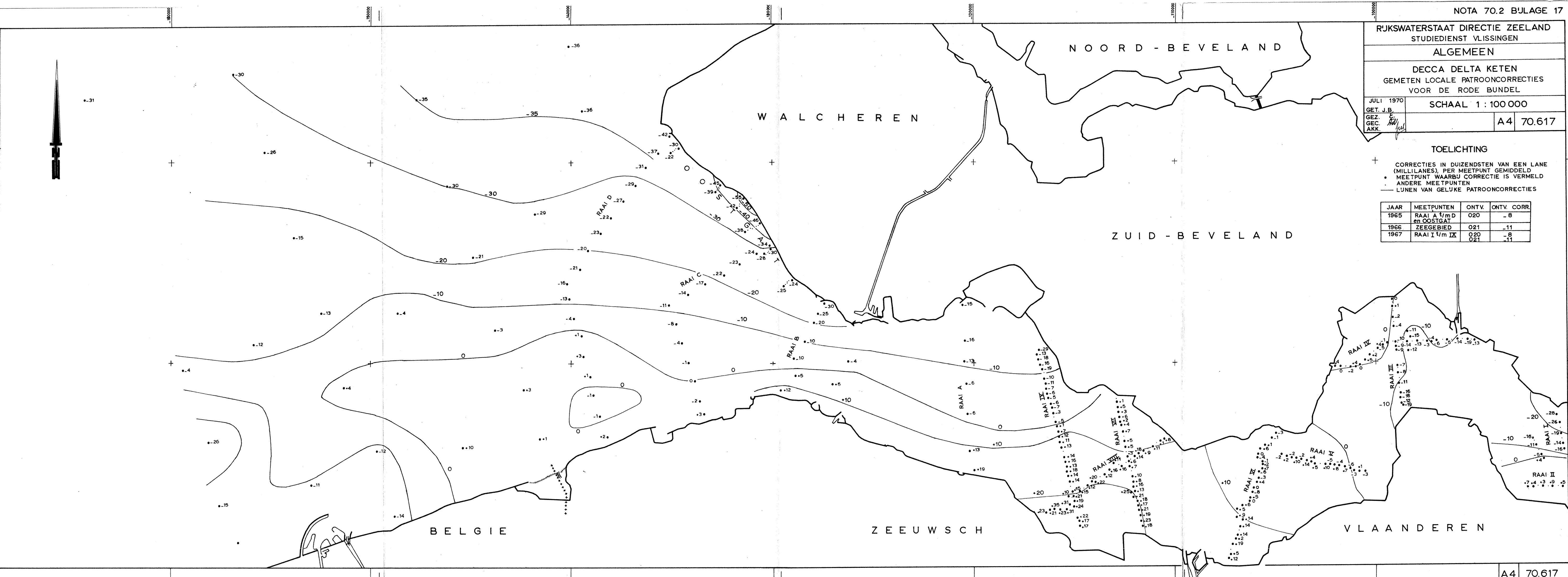
RJKSWATERSTAAT DIRECTIE ZEELAND
STUDIEDIENST VLISSINGEN
ALGEMEEN
DECCA DELTA KETEN
GEMETEN LOCALE PATROONCORRECTIES
VOOR DE RODE BUNDEL

JULI 1970
GET. J.B.
GEZ. *E. J. B.*
GEC. *E. J. B.*
AKK. *E. J. B.*
SCHAAL 1 : 100 000
A4 70.617

TOELICHTING

CORRECTIES IN DUIZENDSTEN VAN EEN LANE
(MILLILANES), PER MEETPUNT GEMIDDELD
• MEETPUNT WAARBY CORRECTIE IS VERMELD
• ANDERE MEETPUNTEN
— LUNEN VAN GELUKE PATROONCORRECTIES

JAAR	MEETPUNTEN	ONTV.	ONTV. CORR.
1965	RAAI A 1/4 m D en OOSTGAT	020	- 8
1966	ZEEGEBIED	021	-11
1967	RAAI I 1/4 m IX	020	- 8
		021	-11



RIJKSWATERSTAAT DIRECTIE ZEELAND
STUDIEDIENST VLISSINGEN

ALGEMEEN

DECCA DELTA KETEN
GEMETEN LOCALE PATROONCORRECTIES
VOOR DE PAARSE BUNDEL

JULI 1970
GET. J.B.
GEZ. *E*
GEC. *RAI*
AKK. *RAI*

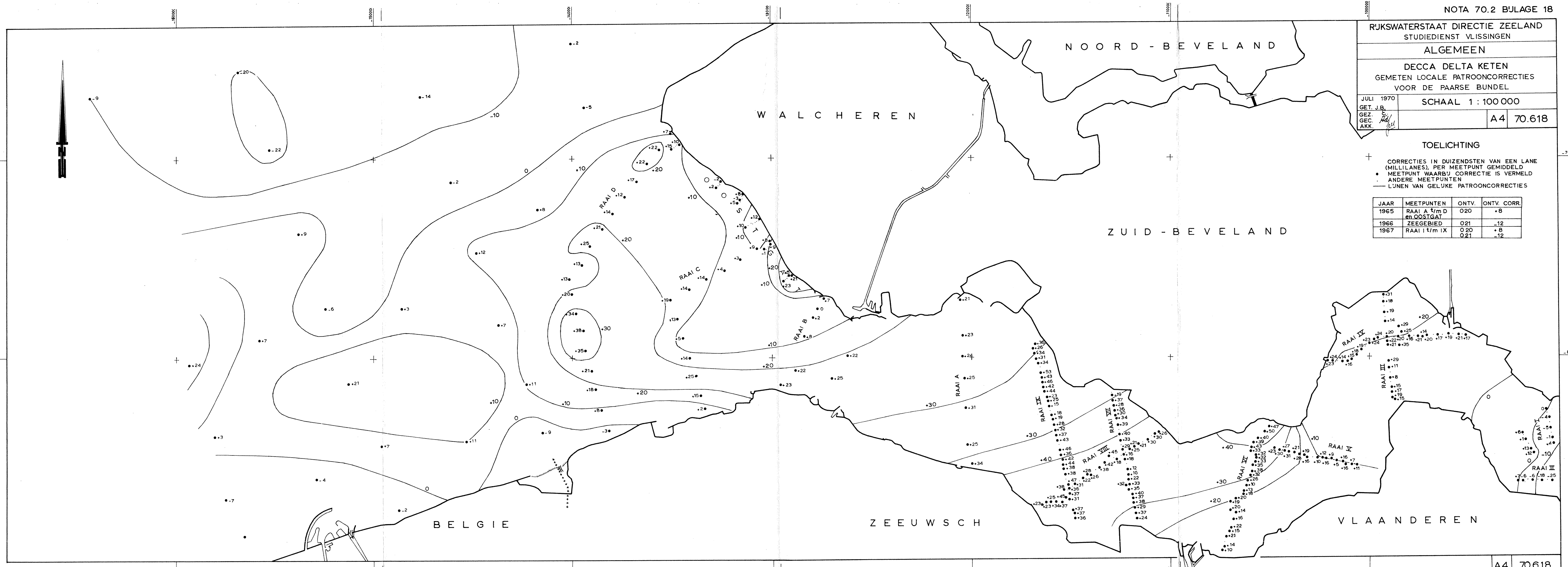
SCHAAL 1 : 100 000

A4 70.618

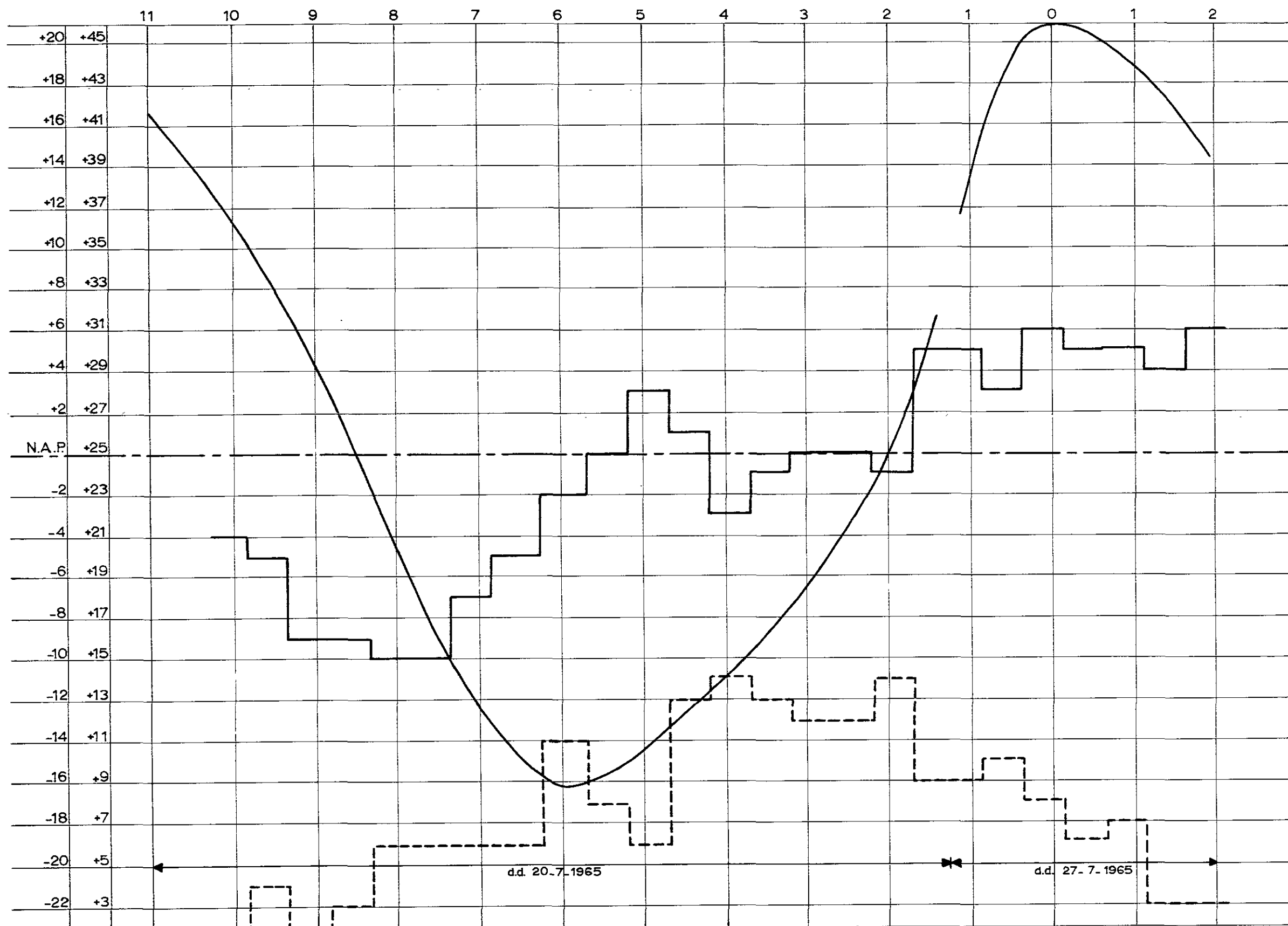
TOELICHTING

CORRECTIES IN DUIZENDSTEN VAN EEN LANE
(MILLILANES), PER MEETPUNT GEMIDDELD
• MEETPUNT WAARBIJ CORRECTIE IS VERMELD
• ANDERE MEETPUNTEN
— LUNEN VAN GELUKE PATROONCORRECTIES

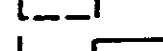
JAAR	MEETPUNTEN	ONTV.	ONTV. CORR.
1965	RAAI A 1/m D en OOSTGAT	020	+8
1966	ZEEGEBIED	021	-12
1967	RAAI I 1/m IX	020 021	+8 -12



UREN T.O.V. H.W. VLISSINGEN



TOELICHTING

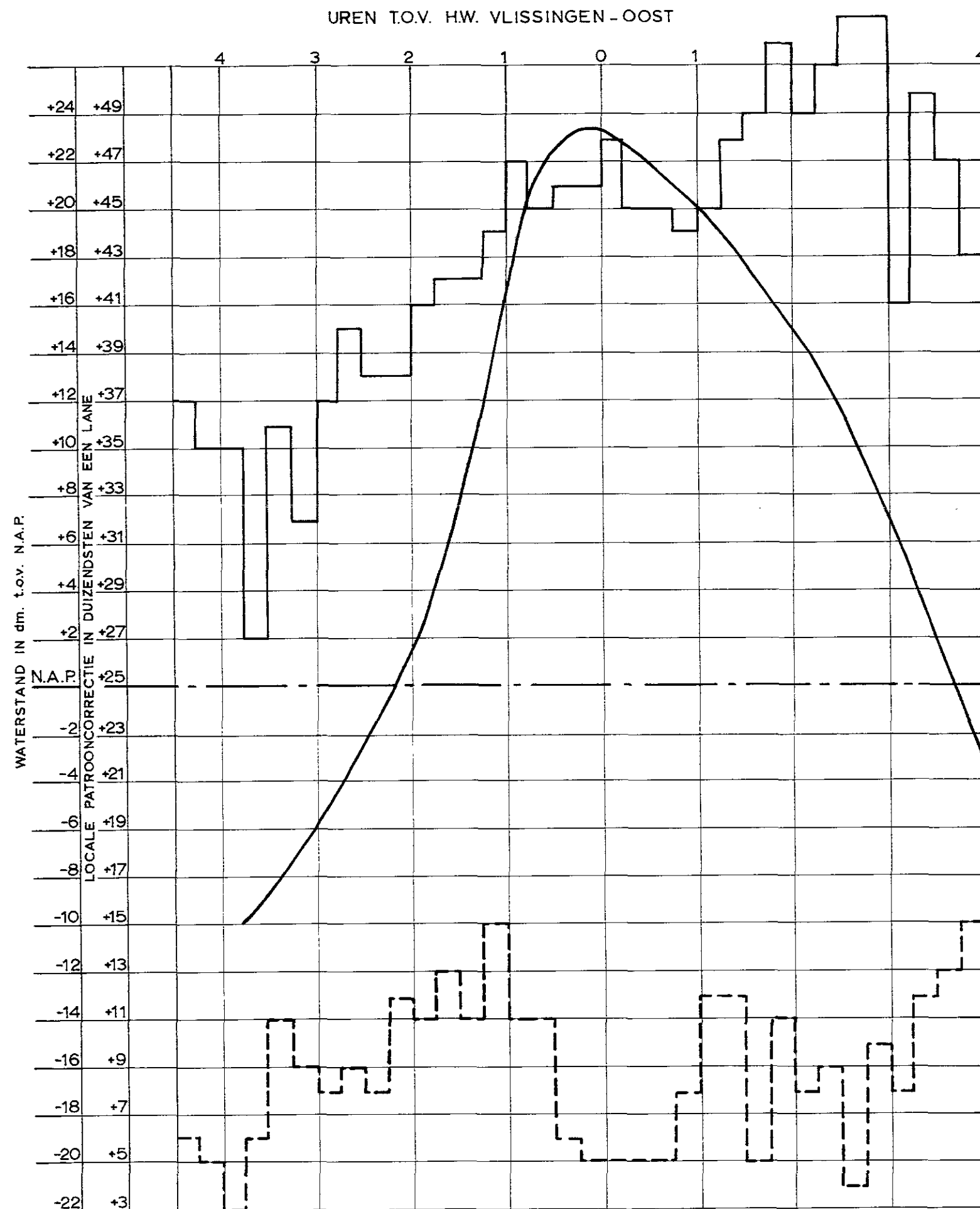
 GETUKROMME VLISSINGEN BUITENHAVEN
 CORRECTIE RODE PATROON
 " " PAARSE " } GEM. PER 30 MIN.

POSITIE MEETPUNT ONG. $\begin{cases} X = -117.900 \text{ m.} \\ Y = -84.550 \text{ m.} \end{cases}$
 ONTVANGERCORRECTIES
 ROOD -8
 PAARS +8
 METINGEN MET „ZWAKE“, ONTVANGER 020

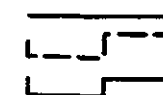
GET.	GEZ.	GEC.	AKK.
31-8-'70	E.	Ad	du
J.B.			

DECCA DELTA KETEN
 GEMETEN LOCALE PATROONCORRECTIES
 BU DE SPRINGERPLATEN d.d. 20 EN 27-7-'65
 RUKSWATERSTAAT DIRECTIE ZEELAND
 STUDIEDIENST VLISSINGEN

A2 70.619



TOELICHTING



GETUUKROMME PEILSCHAAL HAVEN VLISSINGEN - OOST

CORRECTIE RODE PATROON

GEM. PER 15 MIN.

„ PAARSE „

POSITIE MEETPUNT $\left\{ \begin{array}{l} X = -117.586 \text{ m.} \\ Y = -84.546 \text{ m.} \end{array} \right.$

ONTVANGERCORRECTIES $\left\{ \begin{array}{l} \text{ROOD} - 8 \\ \text{PAARS} + 8 \end{array} \right.$

METINGEN MET „ZWAKE“, ONTVANGER 020

RIJKS WATERSTAAT DIRECTIE ZEELAND
STUDIEDIENST VLISSINGEN

WESTERSCHELDE

DECCA DELTA KETEN

GEMETEN LOCALE PATROONCORRECTIES
BIJ DE SPRINGERPLATEN d.d. 11-9-1969

1-9-1970

GET. J.B.

GEZ. E.

GEC. *[Signature]*

AKK. *[Signature]*

A2

70.620