

MODEL DER SCHELDE VAN HANSWEERT  
TOT AAN DE BOUDEWIJNSLUIJ.

(Mod. 119) 7

Proeven in verband met normalisatiewerken van  
de Schelde in de omgeving van Bath  
1ste Deel

## INHOUD.

	<u>Blz.</u>
I. <u>DOEL DER STUDIE.</u>	1
II. <u>OPDRACHT.</u>	1
III. <u>INLEIDENDE BESCHOUWINGEN OVER HET PLATEN-EN GEULENSTELSEL IN DE OMGEVING VAN BATH.</u>	2
1) Periode vobr 1929.	2
2) Periode na 1929.	5
3) Invloed van het bovendebiet op de evolutie van het platenstelsel.	6
4) Invloed van de tiggolf.	7
5) Invloed der onderhoudsbaggerwerken op de drempel van Bath.	8
6) Invloed van de evolutie van het platencomplex van de Ballastplaat op de drempel van Bath.	8
7) Onrechtstreekse invloeden op de drempel van Bath.	9
IV. <u>DE OP TE LOSSEN VRAAGSTUKKEN.</u>	11
V. <u>DE MODELSTUDIE.</u>	12
1) Het model.	12
2) Voorafgaande studie in verband met de ijking	13
3) De ijking.	22
a) bepaling der ijking ;	22
b) de grensvoorwaarden;	23
c) verloop der ijkingsproef;	27
d) de tijdschaal van het bodemtransport.	31
e) stroombanen en stroomsnelheden.	32

-----

## I. DOEL DER STUDIE.

Met het oog op de uitbreiding van de Haven van Antwerpen en met het doel deze toegankelijk te maken voor schepen van zeer grote tonnemaat, schepen aan dewelke langs de nieuwe zeesluis te Zandvliet toegang tot het havengebied verschaft wordt, dient de scheepvaartroute van de Schelde afwaarts deze sluis verbeterd te worden. Deze verbetering dient onder twee oogpunten beschouwd te worden:

1) Het verhogen van de veiligheid van de vaart der huidige scheepstypen. Hierbij wordt in mindere mate gedacht aan de diepte en breedte van de vaargeul zoals deze door baggerwerken verwezenlijkt wordt, dan wel aan die werken welke beogen het gevaar van dwarsstromen in het hoofdvaarwater, die bij zware vloed uit de vloodscharen stromen, te verminderen.

2) Trachten te bekomen dat grotere schepen, met grotere diepgang, bij om het even welk getij en met volledige veiligheid de sluis te Zandvliet kunnen binnenvaren.

Hier worden schepen beoogd van minstens 65.000 T.D.W. en een diepgang van minstens 42' tot 43'.

Er kan echter wel aangevoeld worden dat de twee hierboven vermelde doelstellingen in feite één geheel uitmaken en dat de werken die de scheepvaartmogelijkheden zullen vergroten tevens de veiligheid van de huidige scheepvaart zullen verhogen en omgekeerd.

## II. OPDRACHT.

Welke zijn de normalisatiewerken die in de omgeving van Bath kunnen uitgevoerd worden om aan de hierboven gestelde eisen te voldoen. Bijlage 1, welke een uittreksel is uit de hydrografische kaart der Westerschelde van Vlissingen tot Antwerpen, geeft een duidelijk beeld van het vaarwater en de toestand van de rivier in de omgeving van Bath.

### III. INLEIDENDE BESCHOUWINGEN OVER HET PLATEN- EN GEULEN- STELSEL IN DE OMGEVING VAN BATH (\*).

Deze inleidende beschouwingen zijn absoluut noodzakelijk daar, zoals later zal blijken, gans de ijking van het model, model uitgerust met beweegbare bodem, hierop gebaseerd zal zijn en later ook deze beschouwingen bij de interpretatie der modeluitslagen een rol zullen spelen.

Met behulp van de beschikbare gegevens nopens het geulen- en platenstelsel van Saaftinge (zie bijlage 2) werd een inzicht verkregen in de evolutie van dat complex, alsmede was het mogelijk de verschillende evoluties van de Schaar van den Noord te volgen.

Tevens werd een inzicht verkregen nopens de wetmatigheden die deze evoluties beheersen, die in twee perioden dienen verdeeld.

#### 1) Periode vobr 1929.

Tot 1929 ontwikkelde de Schaar van den Noord zich vrij, door uitbochten dezer geul naar het noorden en met verdwijning van de Plaat van Saaftinge in de vloedgeul van de Bocht van Bath.

Bij zulkdanige evolutie ontwikkelt zich op een bepaald ogenblik een hoogliggende kam tussen de vloedgeul in de Bocht van Bath en de uitbochtende Schaar van den Noord, waardoor de diepgang op de drempel van Bath niet meer voldoende blijft voor de scheepvaart.

---

(\*) 1) Verslag opgemaakt door de heer Hoofdingenieur-Directeur R. Codde "Evolutie van het Platencomplex van Saaftinge" van 17 november 1951.

2) "Het gebied van de Westerschelde nabij Bath" door ir. L. J. Kleinjan, Directie Benedenrivieren - Rijkswaterstaat Maart 1938.

Vier zulkdanige kritieke perioden hebben zich voorgedaan tussen 1905 en 1929 en wel rond de jaren 1905-1907 ; 1914-1916; 1923-1924 en 1928-1929. Telkenmale diende ingegrepen door baggerwerken.

Deze hogervermelde evoluties zijn natuurlijke evoluties en werden slechts in het laatste stadium min of meer door baggerwerken verstoord.

Bijlage 3 geeft een film van een dusdanige evolutie over de jaren 1921-1926.

Zulk een natuurlijke evolutie kan nu als volgt samengevat worden :

Bij aflopend getij ontstaat bij het uiteinde van de Schorre van Saaftinge naar het noorden uitlopend, een oevervorming door zandneerzettingen welke tot een zandplaatje uitgroeit; deze plaat heeft neiging zich naar afwaarts uit te breiden, maar wordt hierin gestremd door de vloedstroom die een kortsluiting zoekt van uit de Schaar van den Noord naar het vaarwater boven Bath. Hierdoor wordt deze plaat niet alleen afgeschaafd, maar ontstaat na een zekere tijd een geul tegen de linkeroever.

Bij de verdere evolutie speelt nu deze gevormde geul een steeds in belang toenemende rol. Inderdaad een deel van de ebstroom zal deze geul benutten dit ten nadele van de drempel van Bath.

Onder de invloed van deze ebstroom bocht nu de geul tussen de platen van Saaftinge verder uit naar de holle oever, doch dit uitbochten heeft een verplaatsing voor gevolg van deze geul in de noordelijke richting met verruiming der sectie. Hierdoor wordt nog meer eb aangetrokken ten nadele van het vaarwater over de drempel van Bath.

Ten slotte tekent zich een uitgesproken scheiding af van de eb- en vloedgeulen met vorming van een hoogliggende rug tussen beide (bijlage 3 - toestand 1922-1924). Deze periode is het kritieke stadium van de evolutie voor de scheepvaart door gebrek aan voldoende diepte op de drempel van Bath. Op dit ogenblik bedraagt de minste diepte aldaar circa 6m50 onder gemiddeld laagwaterpeil. (Peilingen uitgevoerd in de tweede helft der vorige eeuw (oktober 1867) gewagen zelfs van 4m30 onder L.W. op de drempel van Bath \*). Alsdan werd bij middel van intensieve baggerwerken een kunstmatige verbinding geopend tussen beide geulen dwars door de rug die ze scheidde. De ebgeul bocht echter nog verder uit om na het verdwijnen van de Plaat van Saaftinge een nieuw, veel meer westwaarts gelegen, vaarwater te vormen.

Elke evolutie kan dus gesplitst worden in twee perioden : de eerste helft, wanneer dus deze Schaar zuidwaarts gelegen is en tevens de gunstigste positie is voor het behoud van het vaarwater op de drempel van Bath; tijdens de tweede helft daarentegen heeft deze ebschaar zich noordwaarts verplaatst en gaat deze haar laatste stadium in, hetgeen een zeer kritieke periode is voor het behoud der diepte in bovenvermeld vaarwater.

Naast het uitbochten der Plaat van Saaftinge in noordelijke richting, zoals hoger beschreven werd, doet zich nog een verplaatsing voor in oostelijke richting.

Deze laatste verschuiving, gering in de eerste fase der evolutie, wordt echter belangrijker naarmate deze plaat zich noordwaarts verplaatst.

---

\* Haenecour "Etude sur la formation de l'Escaut maritime et des rivières à marée en Belgique " - 1927.

2) Periode na 1929.

Sinds 1929 wordt praktisch bestendig gebaggerd op de drempel van Bath. Deze baggerwerken werken dempend op het uitbochten van de Schaar van den Noord gedurende het laatste stadium der evolutie; deze laatste doorloopt niet meer haar volledige cyclus. In stede van verder uit te diepen verzandt de Schaar en wordt overmeesterd door de Middelpaat die zich komt lassen aan de Plaat van Saaftinge. Zo geeft bijlage 4 een film van zulk een evolutie over de jaren 1948-1953.

Voor de scheepvaart wordt hierdoor grotendeels het doel bereikt, daar de kritieke overgangperiode, waarbij de drempel van Bath verzandt, hierdoor vermeden wordt.

De baggerwerken, noodzakelijk om bestendig zulk een kunstmatige toestand te behouden, bedroegen voor de periode 1930-1950 jaarlijks gemiddeld  $\pm 1.500.000\text{m}^3$ . Na deze periode is dit quantum ingevolge het in vaart brengen van grotere en dieper liggende schepen, waardoor de scheepvaarteisen toenamen, enigszins gestegen en bedraagt thans  $\pm 2.000.000 \text{ m}^3/\text{jaar}$ .

Het phaseverschil of met andere woorden de periodiciteit van deze evoluties bedraagt gemiddeld circa 3 jaar, maar varieert tussen vrij uiteenlopende grenzen :

maxima : 58 maanden

minima : 16 maanden

Verschillende opeenvolgende perioden uitgezet in chronologische volgorde tonen het bestaan van een wetmatigheid aan : namelijk een reeks van 3 of 4 evoluties met stijgend phaseverschil wordt gevolg door een buitengewoon vlug verlopende evolutie.

In vorige pagina werd tevens gesproken over het uitwerken der Platen van Saaftinge in oostelijke richting gedurende het verloop ener evolutie.

Er wordt echter nog een veel algemener uitwerken in deze richting waargenomen welke zich over een veel langere periode uitstrekt. Zo hebben zich gedurende de tijdspanne 1905-1950 twee dergelijke periode voorgedaan : een eerste gaande van 1906 tot 1923, een tweede gaande van 1923 tot 1947.

Bij beide perioden heeft zich deze evolutie meer en meer in noord-oostelijke richting verplaatst. Bij het einde der eerste periode (1923) bleek een grens in deze verplaatsing zich te hebben voorgedaan en zocht de daarop volgende evolutie , van de Schaar van den Noord , een kortsluiting door de Banken van Saaftinge, die merkkelijk meer westelijk gelegen was.

Buiten deze eerste vaststelling dient er nog een tweede gemaakt te worden, dit is dat voor iedere nieuwe reeks de verplaatsing in oostelijke richting groter blijkt te zijn, hetgeen in verband kan gebracht worden met de algemene verschuiving der platencomplexen der Schelde in opwaartsrichting onder de invloed van de steeds zwaarder wordende vloedstroom.

### 3) Invloed van het bovendebiet op de evolutie van het platenstelsel.

Een sterke bovenwaterafvoer is bevorderlijk voor het doordrukken van de ebgeul van de Schaar van den Noord tot in het Nauw van Bath, alsmede bevorderlijk voor het uitbochten van deze geul in noordelijke richting. Tevens is echter van groot belang of de Plaat van Saaftinge ver oost- en noordoostwaarts is uitgebreid en de ebstroom in het hoofdvaarwater hier dus een scherpe bocht moet maken. Is dit het geval, dan zal de ebstroom gedeeltelek gemakkelijker dit ebschaar kunnen blijven volgen dan het hoofdvaarwater te kiezen en deze geul, zo ook de overige factoren daartoe medewerken, tot volle ontwikkeling doen komen.



Is daarentegen de Plaat van Saaftinge westwaarts teruggetrokken en de overgang van het vaarwater boven Bath in het Nauw van Bath vrij geleidelijk dan zal de ebstroom van deze schaar spoedig opnieuw het hoofdvaarwater volgen en zal deze schaar in haar laatste stadium van hare evolutie geleidelijk verondiepen en verzanden om uiteindelijk uit te sterven.

Wat nu de uitbreiding van de Plaat van Saaftinge in oostelijke richting betreft, deze is het belangrijkste in droge jaren door de versterking van de vloedstroom. Hierbij kan nog opgemerkt worden dat na het doorbreken van een ebschaar door de Platen van Saaftinge, waarbij uiteindelijk een nieuw fel westwaarts gelegen vaarwater ontstaan is, gedurende de eerst daarop volgende jaren weinig gevaar voor een nieuwe doorbraak bestaat ook al zijn de bovenwateromstandigheden daartoe gunstig.

#### 4) Invloed van de tijgolf.

Periodieke schommelingen van de tijgolf hebben een invloed op het uitbochten der geulen.

Zoals vroeger vermeld, heeft een algemene verzwaring van de tijgolf reeds een verplaatsing voor gevolg van het platencomplex in opwaartse (oostelijke) richting.

De beschikbare documenten hebben ons alleen toegelaten dergelijke schommelingen met lange periodiciteit na te gaan. Zo deden zich sinds 1905 drie "Sarros" perioden ( $\pm$  19 jaar) voor. De maximum invloed ervan ging over de perioden 1901-1905; 1920-1925 en 1939-1943, perioden die zich opvallend kenschetsen door een buitengewone ontwikkeling van de Schaar van den Noord en een fel oostwaarts verschuiven der Platen van Saaftinge.

Gedurende de periode 1958-1962 deed zich in zekere mate hetzelfde verschijnsel voor, echter werd nu grotendeels tegengewerkt en geëlimineerd enerzijds door de aanzienlijke baggerwerken en anderzijds door het feit dat de Schaar van den Noord, ingevolge het overvloedig storten van de baggerspecie aldaar, grotendeels verzand is.

Bijlage 5 geeft in filmbeeld de evolutie van het platengebied gedurende de periode 1932-1953 waarop heel duidelijk de maximum invloed in de jaren 1939-1943 merkbaar is.

5) Invloed der onderhoudsbaggerwerken op de drempel van Bath.

Zij komt heel duidelijk tot uiting in het volgende :

Door de oorlogsomstandigheden werden de baggerwerken in Mei 1940 onderbroken en enkel hernomen in Augustus 1942. Gedurende twee jaar bestond alzo niet de dempende invloed dezer werken op de natuurlijke evolutie van de "Schaar van den Noord". In Juli 1942 werd dan ook een toestand gevonden (zie bijlage 6) die tegenover deze van April 1940 in een weinig gunstige richting geëvolueerd had. De vergelijking toont heel duidelijk dat het onderbreken der baggerwerken tussen 1940 en 1942 nadelig gewerkt heeft, niet alleen op het behoud van de sectie op de drempel van Bath, maar tevens door de verplaatsing in oostelijke richting van de Plaat van Saafthinge, waardoor de bocht te Bath zwaarder werd en dus gevaarlijker voor de scheepvaart.

6) Invloed van de evolutie van het platencomplex van de Ballastplaat op de drempel van Bath.

Tot hiertoe is er alleen gewezen op de verschillende factoren welke rechtstreeks de evolutie van het geulen- en

platencomplex van Saafginge beïnvloeden met de daaruit voort-spruitende gevolgen voor het behoud van het vaarwater ter hoogte van de drempel van Bath. Echter ook de toestand, m. a. w. de evolutie van het naastliggend platencomplex van de Ballastplaat, evolutie eveneens met haar eigen periodiciteit heeft een invloed op de drempel van Bath.

Door het uitwerken der Platen van Saafginge in oostelijke richting vertoont het vaarwater tussen de drempel van Bath en het lichtbaken van Saafginge een zeer gestrekte S-vorm, waarvan afwaarts de uiterst westelijke duw het gevolg is van een uitbochtende beweging naar afwaarts van het linker talud van de Ballastplaat.

Onder deze uitbochtende beweging verplaatst zich deze "drukzone" die een neiging tot drempelvorming teweeg brengt eveneens in afwaartse richting. Er kan gezegd worden dat de bestendige drempelvorming van de vloedstroom aldaar verdubbeld wordt naarmate het talud der Ballastplaat naar het vaarwater uitwerkt. Er bestaat dus een wederzijdse invloed tussen het uitbochten van de Schaar van den Noord en de verschuiving van een naar het vaarwater uitwerkende zone der Ballastplaat.

7) Onrechtstreekse invloeden op de drempel van Bath.

Tot hertoe werd enkel de toestand van het vaarwater ter hoogte van de drempel van Bath beschouwd, waar jaarlijks circa 2.000.000 m<sup>3</sup> zand dient gebaggerd te worden om met voldoende veiligheid de vaart van schepen van circa 50.000 T.D.W. mogelijk te maken. Echter enkele Km opwaarts treft men een andere drempel, namelijk deze van Zandvliet, aan, drempel gevormd door het uitwerken der opwaartse rand van de Ballastplaat naar het vaarwater toe ingevolge de vloedstroom en het

naar afwaarts uitwerken der afwaartse rand van de Plaat van Doel door de ebstroom. De natuurlijke diepte voorkomend op deze drempel is gelegen rond 7m00 onder gemiddeld laagwaterpeil en ook hier moet kunstmatig door onderhoudsbaggerwerken de drempel op de vereiste diepte gehouden worden. Het te baggeren quantum beloopt jaarlijks circa 1.000.000 m<sup>3</sup>. Dan een paar Km afwaarts de drempel van Bath bevindt zich de drempel van Valkenisse, alwaar de natuurlijke diepte en de breedte van het vaarwater eveneens ontoereikend zijn en waar jaarlijks circa 1.000.000 m<sup>3</sup> dient gebaggerd te worden. In het totaal dient er dus in het gebied Zandvliet-Valkenisse op de drie hogervermelde plaatsen, welke slechts enkele Km van elkaar gelegen zijn, circa 4.000.000 m<sup>3</sup> zandspecie gebaggerd te worden om hogervermelde scheepvaart te kunnen verzekeren. Het is duidelijk dat de toestand van de drempel van Bath en het platengebied van Saaftinge ook in zekere mate bepaald wordt door de toestand van de aanpalende drempels en platen en dat deze invloed tevens wederkerig is.

Als besluit kan gezegd worden, wanneer er gesproken wordt van de toestand van het platen- en geulenstelsel in de omgeving van Bath en van verbeteringswerken welke aldaar in de toekomst beoogd worden, men zich degelijk een gebied moet indenken dat zich uitstrekt over een zone gaande van de sluis te Zandvliet tot even afwaarts de drempel van Valkenisse.

Op bijlage 7 is de toestand van dit gebied weergegeven volgens een hydrografische opname uitgevoerd in het jaar 1919, het is te zeggen de natuurlijke toestand. De Schaar van den Noord was gelegen onder de linkeroever tegen de Schorre van Saaftinge aan (begin ener evolutie), vandaar de nog vrij gunstige toestand op de drempel van Bath.

Bijlage 8 is de toestand van hetzelfde gebied volgens een hydrografische opname van het jaar 1955, 't is te zeggen een toestand die door de onderhoudsbaggerwerken is bewerkstelligd en in stand gehouden wordt.

De vergelijking der twee opnamen toont heel duidelijk het gunstige effect der baggerwerken op de toestand van de vaargeul en eveneens de aanzanding der vloedscharen (Schaar van den Noord, Appelzak en Schaar van Ouden Doel) welke als stortplaatsen gebezigd werden voor de baggerspecie afkomstig van deze onderhoudsbaggerwerken.

\*

\*

\*

#### IV. DE OP TE LOSSEN VRAAGSTUKKEN.

- 1) Het op diepte houden van de drempels in deze zone vergt enerzijds aanzienlijke onderhoudsbaggerwerken, ongeveer 4.000.000m<sup>3</sup> jaarlijks, anderzijds is men genoodzaakt dit quantum praktisch integraal terug in de rivier te storten op speciaal aangeduide plaatsen, welke echter zeer beperkt zijn, niet alleen in aantal maar ook in omvang. Dat maakt dat deze onderhoudsbaggerwerken praktisch gesproken de grens zijn gaan bereiken voor verdere verbetering van de scheepvaartweg.
- 2) De vloedstroom bereikt haar maximum waarde ongeveer één uur voor H.W., dus wanneer het doorstromingsprofiel bijna overeenstemt met het hoogwaterpeil. Deze stroom geeft op sommige plaatsen aanleiding tot dwarstromen in het vaarwater welke heel gevaarlijk kunnen zijn voor de scheepvaart wanneer deze op dat ogenblik een dergelijke plaats voorbijvaart.

- 3) Het is een algemeen gekend feit dat de Bocht van Bath veel te scherp is; het nemen van dergelijke bocht berokkent de vaart der grote, diepliggende schepen heel wat moeilijkheden.
- 4) Een scherpe bocht gaat gepaard met grote diepte, maar daarentegen bezit deze een geringe breedte.

\*

\*            \*

Er moet bijgevolg gezocht worden om met behulp van verbeteringswerken de hiervoor aangehaalde vraagstukken op te lossen. Zij maken het voorwerp uit van een grondige modelstudie, model uitgerust met een beweegbare bodem.

## V. DE MODELSTUDIE.

### 1) Het model.

Voor de modelstudie werd gebruik gemaakt van het bestaande grote Scheldemodel, model voorafgaandelijk geijkt met vaste bodem(1) en waarin reeds verschillende studies (2)

- 
- (1) Model der Schelde van Hansweert tot aan de toegangssluisen der Haven van Antwerpen. "Beschrijving en ijking van het model met vaste bodem"- verslag van december 1960.
  - (2) a. Model der Schelde van Hansweert tot aan de toegangssluisen der Haven van Antwerpen. "Proeven aangaande de stortplaatsen der baggerspecie"; verslag van oktober 1960.  
b. Model der Schelde van Hansweert tot Oosterweel. "Proeven in verband met kalibreringswerken op de Schelde in de omgeving van de nieuwe zeesluis te Zandvliet"- verslag van december 1961.  
c. Model der Schelde van Hansweert tot Oosterweel. "Proeven aangaande het openstellen van een diepe vloedgeul in de verlenging van het huidige vloodschaar van Ouden Doel met behoud van de ebgeul onder de rechteroever"- verslag van maart 1962.  
d. Model der Schelde van Hansweert tot Oosterweel. "Proeven in verband met de dwarsstromen bij maximum vloed ter hoogte van de uitloop van het Schaar van Zimmermanpolder"- verslag van december 1962.

werden uitgevoerd en waarbij het model werd uitgerust met vaste bodem of plaatselijk beweegbare bodem. Op bijlage 1 is dit model in planzicht afgebeeld.

De schalen van dit model zijn :

- horizontaal      3/1000
- verticaal        1/100
- snelheid         1/10
- tijd              10/333

Voor wat de grenzen, constructie, werking en ijking van het model met vaste bodem en de beschrijving van het beweegbaar materiaal aangaat, wordt verwezen naar vermelde verslagen.

Er weze nog op volgende vereenvoudigingen geweest, toegepast bij deze modelstudie : in het model werd de invloed van de wind alsmede het Coriolisverschijnsel niet in rekening gebracht; tevens mocht er gerust verondersteld worden dat dichtheidsstromingen konden verwaarloosd worden ingevolge de grote turbulente stromingen veroorzaakt door het grillige verloop van de rivier afwaarts de Belgisch-Nederlandse grens en de geringe bovenafvoer.

## 2) Voorafgaande studie in verband met de ijking.

Met het oog op het bestuderen der normalisatiewerken in de omgeving van Bath, werd het Scheldemodel vooreerst uitgerust met een beweegbare bodem uit polystyreenkorrels, korrels waarvan de aanwending reeds besproken werd, dit over een zone zich uitstrekkend van Lillo tot afwaarts Valkenisse.

Bij de uitvoering van deze beweegbare bodem heeft men echter rekening moeten houden met de samenstelling van de rivierbodem. Inderdaad, de bodem bestaat niet

overal uit fijn zand (gemiddelde korreldiameter 125 tot 200  $\mu$ ); plaatselijk wordt namelijk klei, jonge zandsteenformatie, turf, enz. aangetroffen welke niet op dezelfde wijze als zand gehoorzamen aan de wetten van bodemtransport en praktisch gesproken heel moeilijk of niet uitschuurbaar zijn.

Zo geeft bijlage 9 een algemeen beeld van de aard van de bodem der Scheldebedding over de zone Lillo-Valkenisse, zoals deze opgenomen werd door de Antwerpse Zeediensten.

Zoals kan opgemerkt worden is de bedding van het vaarwater (uitgenomen de drempelzones) alsmede de hellingen der holle oevers niet met zand bedekt.

Hiermede werd rekening gehouden bij de bepaling van de zone welke in beweegbaar materiaal diende uitgevoerd te worden. Het was dan ook alleen het gedeelte der bedding bestaande uit zand welke in model beweegbaar werd uitgevoerd, het overige gedeelte werd in vaste cementbodem behouden.

Bij de modelstudie van de omgeving van Bath werd ook, zoals reeds vermeld is in het verslag dat verband houdt met de kalibreringswerken in de omgeving van de sluis te Zandvliet, gebruik gemaakt van natriumcarbonaat ( $\text{Na}_2 \text{CO}_3$ ) om zodoende de densiteit van het water op te voeren. Hierdoor werd tevens het bodemtransport in model conform aan dat van de natuur verkregen of in andere woorden een bodemtransportschaal praktisch onafhankelijk van de tijd en de plaats in het model.

Inderdaad, door de densiteit van het water te verhogen, of met andere woorden het verschil densiteit materiaal, densiteit water zo klein mogelijk te maken, kan men er toe komen dat de snelheidsschaal gegeven door de wet van Froude (getijmodel) en de ideale snelheidsschaal gegeven door hogervermelde eis van transport elkaar zo dicht mogelijk benaderen.



Deze twee snelheidsschalen hebben nu volgende waarde :

De hydraulische snelheidsschaal volgt uit de keuze van de modelschalen; daar het een getijmodel betreft, kan er niet van de modelregels van Froude afgeweken worden; de diepteschaal  $n_h = 100$  geeft ons volgens Froude een snelheidsschaal  $n_v = \sqrt{100} = 10$ .

De ideale snelheidsschaal waaraan moet voldaan worden om in alle punten van het model dezelfde transport-schaal te hebben, wordt als volgt afgeleid :

Uit de transportformule van Kalinske & Frylink volgt dat :  $\left(\frac{\Delta d}{\mu h I}\right)_{\text{prototype}}$  moet gelijk zijn aan  $\left(\frac{\Delta d}{\mu h I}\right)_{\text{model}}$  (1)

waarin  $d$  : gemiddelde korreldiameter =  $d_{50}$  (m)

$h$  : waterdiepte (m)

$I$  : helling van de energielijn

$\Delta$  : dichtheidsparameter

$$\Delta = \frac{\gamma_{\text{materiaal}} - \gamma_{\text{water}}}{\gamma_{\text{water}}}$$

$\gamma$  : zijnde het specifiek gewicht

$\mu$  : riffelfactor , gedefinieerd als volgt :

$$\mu = \left(\frac{C_t}{C_k}\right)^{3/2}$$

$C_t$  : totale coëfficiënt van Chézy ( $m^{1/2}/\text{sec}$ )

$C_k$  : coëfficiënt van Chézy voor de korrels

$C_r$  : coëfficiënt van Chézy voor de riffels

Verder hebben we approximatief volgende betrekking :

$$\frac{1}{C_t^2} = \frac{1}{C_r^2} + \frac{1}{C_k^2} \quad (2)$$

Van de totale beschikbare energie wordt zodus een gedeelte benut om de weerstand geboden door de riffels te overwinnen; deze energie komt dus niet in aanmerking voor bodemtransport. Het overblijvende gedeelte wordt benut om de wrijvingsweerstand geboden door de eigenlijke korrels te overwinnen, dus energie in aanmerking komend voor het bodemtransport.

De riffelfactor  $\mu$  is dus een maat voor de energie welke beschikbaar is voor transport van materiaal.

Is  $\mu$  groot dan heeft men te doen met een vlakke, gladde bodem en is praktisch alle energie beschikbaar voor bodemtransport.

Is  $\mu$  klein dan heeft men te doen met een zeer ruwe bodem met uitgesproken riffelvorming en gaat grotendeels de beschikbare energie verloren in turbulentie veroorzaakt door deze riffels.

Wel te verstaan geldt deze redenering alleen voor een recht kanaal zonder drempels of kuilen.

In een eigenlijke rivier met natuurlijk verloop moet er rekening gehouden worden met de configuratie van het rivierbed bestaande uit bochten en tegenbochten met ondiep gedeelte in de overgangszone, drempel genaamd, en diepe uitschuringen langsheen de holle oevers. Dit onregelmatig verloop ener rivierbedding brengt natuurlijk een supplementair energieverlies teweeg.

De  $C$  waarden van formule (2) kunnen theoretisch worden bepaald met behulp van de volgende formules (logaritmische formule van Thyse).

$$C_k = 18 \log \frac{12h}{d_{90}}$$

$$C_r = 18 \log \frac{12h}{2a}$$

$$C_t = 18 \log \frac{12h}{k}$$

$d_{90}$ : korreldiameter die door 90% van het materiaal (uitgedrukt in gewichtsprocent) wordt onderschreden (m).

$k$  : is een maat (m) voor de bodemruwheid.

$2a$  : is de riffelhoogte (m) welke varieert met de waterdiepte, het materiaal en snelheid.

De volgende karakteristieken aannemend voor zand en polystyreenkorrels :

	soortelijk gewicht	$d_{50}$ $m \times 10^{-3}$	$d_{90}$ $m \times 10^{-3}$
zand	2,65	0,15 - 0,2	0,3
polystyreen	1,05	2,8	3

Waarnemingen uit de natuur wijzen uit dat een redelijke  $k$  waarde gelegen is tussen 10 en 15 cm. De gemiddelde waterdiepte over verschillende riviervakken schommelt tussen 6m00 en 12m00.

De  $C_{tp}$  (\*) waarden hiermede overeenkomend schommelen tussen de twee uiterste waarden :

- minimum  $46 \text{ m}^{1/2}/\text{sec}$

- maximum  $57 \text{ m}^{1/2}/\text{sec}$

-----  
 (\*) De index  $p$  slaat op het prototype; de index  $m$  op het model.

Algemeen aangenomen een gemiddelde waarde van  $C_{tp}$  van circa  $55 \text{ m}^{1/2}/\text{sec}$ .

De waarde  $C_{kp} \cong 100 \text{ m}^{1/2}/\text{sec}$ . Hieruit volgt dan  $\mu_p \cong 0,4$ .

Metingen uitgevoerd in een experimenteel kanaal om de hierboven vermelde waarden voor polystyreenkorrels te bepalen, hebben uitgemaakt dat bij bovenvermelde waterdiepte gereduceerd op schaal 1/100 (modelschaal der waterdiepte) de waarde  $C_{tm}$  schommelt rond een gemiddelde van  $31,5 \text{ m}^{1/2}/\text{sec}$  met als uiterste grenzen  $30 \text{ m}^{1/2}/\text{sec}$  en  $33 \text{ m}^{1/2}/\text{sec}$ , terwijl  $\mu_m$  ongeveer gelijk is aan 0,5.

De schaal van de Chézy coëfficiënt bedraagt aldus :

$$n_c (*) = \frac{C_{tp}}{C_{tm}} = \frac{55}{31,5} = 1,75$$

Uit de bewegingsvergelijking volgt dat het stroombeeld in model slechts gelijkvormig is aan dit van het prototype zo aan de vergelijking  $n_c^2 = \frac{n_1}{n_h}$  voldaan wordt.

De distorsie van het model zijnde  $\frac{n_1}{n_h} = 3,33$  komt praktisch overeen met de hieronder vermelde waarde:

$$n_c^2 = \left( \frac{C_{tp}}{C_{tm}} \right)^2 = \left( \frac{55}{31,5} \right)^2 = (1,75)^2 = 3,05$$

-----  
(\* ) n is de factor waarmee de modelwaarde moet vermenigvuldigd worden om de prototypewaarde te vinden.

Aan de hand van al deze gegevens is het nu mogelijk uit de vroeger vernoemde voorwaarde (1) voor de ideale snelheidsschaal de schaalfactor voor de snelheid af te leiden.

$$n_v = \frac{(n_\Delta n_d)^{1/2} n_c}{n_\mu^{1/2}} \quad (3)$$

$$n_d = 0.054$$

$$n_\Delta = 33 \text{ (dit voor } \gamma \text{ water} = 1.000 \text{ veronderstellend)}$$

$$\text{Hieruit volgt } n_v = \frac{(33 \times 0.054)^{1/2} \times 1.75}{0.8^{1/2}} = 2,6$$

Samengevat vinden we dus :  $n_v$  volgens Froude = 10;  
 $n_v$  ideale snelheidsschaal = 2,6 , hetgeen dus wijst op een verhouding 4 .

Daar in het model niet mag afgeweken worden van de Froudeschaal en dus verplicht is  $n_v = 10$  toe te passen, zou hieruit moeten besloten worden dat polystyreenkorrels als beweegbaar materiaal in het model niet kunnen aangewend worden.

Wordt nu echter even nagegaan wat er gebeurt met formule (3) dus  $n_v$  hieruit voortvloeiend, als de dichtheid van het water verhoogd wordt.

Laat ons de twee gevallen beschouwen

$$\gamma \text{ water} = 1.025$$

$$\gamma \text{ water} = 1.035$$

Men heeft proefondervindelijk kunnen vaststellen dat de waarden  $n_c$  en  $n_\mu$  geen noemenswaardige wijzigingen ondergaan ingevolge het veranderen der dichtheid van het water.

Voor $\gamma_w = 1$	is $n_\Delta = 33$
$\gamma_w = 1.025$	$n_\Delta = 66$
$\gamma_w = 1.035$	$n_\Delta = 110$

Hiermede komen de volgende waarden van  $n_v$  gegeven door formule (3) overeen :

$\gamma_w = 1$	is $n_v = 2,6$
$\gamma_w = 1.025$	$n_v = 3,1$
$\gamma_w = 1.035$	$n_v = 4,8$

Met  $\gamma_w = 1.035$  is dus de verhouding tussen de twee snelheidsschalen (Froude t. o. v. de ideale snelheidsschaal) van de factor 4 tot de factor 2 gevallen, hetgeen dus relatief gezien een aanzienlijke verbetering uitmaakt.

Uit de formules van bodemtransport volgt dat afwijkingen, veroorzaakt door het niet naleven van de ideale snelheidsschaal, vooral merkbaar zijn bij kleine snelheden, maar dat deze afnemen bij toenemende waarde van de snelheid. Als dit nog in verband gebracht wordt met het feit dat vooral de zandtransporten optredend bij grote stroomsnelheden van overwegend belang zijn en de andere optredend bij kleinere snelheden in vergelijking hiermede kunnen verwaarloosd worden, dan mag gerust beweerd worden dat door een densiteit  $\gamma_w = 1.035$  te gebruiken, men werkelijk binnen de zone is gekomen, waar een verzoening tussen de twee snelheidsschalen mogelijk is. Steunend hierop werd dan de verdere ijking der beweegbare bodem van het model, welke in de hiernavolgende pagina zal uiteengezet worden, uitgevoerd met een waarde voor  $\gamma_w \cong 1.035$ .

Alvorens echter hierover te spreken, moet er terloops nog even op de volgende gunstige factor gewezen worden.

Het toepassen van  $\gamma_w = 1$  gaf, de conformiteit van het bodemtransport achterwege gelaten, slechts heel weinig beweging van materiaal, hetgeen dus zou meebrengen dat elke proef ontzettend veel tijd in beslag zou nemen. Het opvoeren van  $\gamma_w$  bracht mede dat de beweging van materiaal veel aanzienlijker werd.

Tevens werd echter ook vastgesteld dat  $\gamma_w = 1.035$  wel als bovenste grens moest aangehouden worden, daar door een verder opvoeren der densiteit de tijdschaal van transport zodanig groot zou gaan worden, dat de bewegingen terug hun conformiteit zouden gaan verliezen, daar bij elke vloed of eb zo grote massa's materiaal zich zouden gaan verplaatsen dat een valse bodemconfiguratie geschapen wordt.

Er weze opgemerkt, dat bij de modelstudie alleen rekening gehouden werd met bodemtransport, dus niet met zwevend transport.

Het vlugge verloop ener proef en de grote tijdwinst geboekt door  $\gamma_w = 1.035$  toe te passen blijkt heel duidelijk uit de vergelijking der plannen afgebeeld op bijlage 10.

- 10 A : geeft de bodemconfiguratie bij de aanvang ener proef.
- 10 B : geeft de toestand der bodemconfiguratie na 150 tijenstromen met  $\gamma_w = 1.0245$ .
- 10 C : geeft de toestand der bodemconfiguratie na 65 tijenstromen met  $\gamma_w = 1.035$ .

Bij vergelijking der verplaatsing der platen van Saafginge in noord-oostelijke richting stelt men vast dat deze

afgebeeld op bijlage 10 C (opname na 65 tijen) veel aanzienlijker is dan deze afgebeeld op bijlage 10 B (opname na 150tijen), toestand na 150 tijen .

Er weze opgemerkt dat deze proeven werden uitgevoerd met als grensvoorwaarden het springtij van 30.12.1955, waarvan de karakteristieken aangegeven zijn in de paragraaf "keuze der grensvoorwaarden".

De opgegeven bodemconfiguraties hebben dus niets gemeen met deze van bijlage 11 welke betrekking hebben op het eigenlijke ijkingsproces van het model.

### 3) De Ijking.

#### a) Bepaling der ijking.

In de inleidende beschouwingen over het Platen- en Geulenstelsel in de omgeving van Bath werd uitvoerig de evolutie van het complex van Bath uiteengezet en werd duidelijk het onderscheid tussen de natuurlijke evolutie (optredend vobr 1929) en de evoluties welke na 1929 voorkwamen, dus die door de onderhoudsbaggerwerken gestoord werden, gemaakt.

Steunend op al deze vaststellingen werd de ijking van het model verwezenlijkt volgens de welgekende "historische methode", methode welke met veel succes reeds in het buitenland bij modelproeven van dezelfde aard werd toegepast.

In het model was het nu om technische redenen onmogelijk de onderhoudsbaggerwerken, gepaard gaande met het storten dezer baggerspecie in de nevenvaarwaters na te bootsen, gezien het zeer complex en ingewikkeld karakter dezer werken.



Nochtans kon aangenomen worden dat het model gelijkvormig met de natuur zou zijn wanneer, vertrekkende van een ingebrachte kunstmatige toestand, t.t.z. toestand der rivierbedding op een bepaald tijdstip na 1929, het model naar een natuurlijke toestand evolueert, het is te zeggen dat de verplaatsingen van geulen en zandbanken, welke alsdan in het model optreden volledig gelijkvormig zijn aan deze welke in het prototype in zijn natuurlijke toestand voorkwamen. Met andere woorden het komt dus hierop neer de grensvoorwaarden van het model zo te bepalen dat de natuurlijke toestand en de natuurlijke evoluties, waargenomen in de natuur, door het model getrouw weergegeven worden.

b) De grensvoorwaarden.

De natuurlijke evoluties, in de rivier waargenomen, zijn het gevolg van de getijbeweging. Deze getijbeweging is zeer complex en geeft aanleiding tot de meest uiteenlopende en tot de grootste verscheidenheid van getijcyclussen welke in de loop van een jaar kan voorkomen. Immers de getijbeweging, een astronomisch verschijnsel zijnde, wordt tevens beïnvloed door meteorologische factoren, terwijl verder ook moet rekening gehouden worden met de invloed van het boven-debiet op het tijregime.

Het is nu echter technisch onmogelijk zulke verscheidenheid van getijen in een model na te bootsen. Men moet zich dus beperken tot het inbrengen van een combinatie van een zeker aantal tijtypen.

In paragraaf III werd de invloed van de verschillende factoren op de bodemconfiguratie en de evolutie van het platen- en geulencomplex uitvoerig behandeld.

Welnu om tot een dergelijke combinatie van tijtypen te komen moet men dus vooraf in model de tendenzen van de

verschillende in de natuur optredende factoren nagaan, zien of de invloeden hiervan wel degelijk met die van de natuur stroken, om vervolgens hieruit het juiste programma, dat gelijkvormigheid met de natuur verwezenlijkt, samen te stellen.

Als kunstmatig ingebrachte bodemconfiguratie, waarvan hierboven sprake was, en dewelke elke ijkingsproef als uitgangspunt had, werd de toestand welke in het jaar 1955 voorkwam, volgens dewelke tevens het vast gedeelte van het model gebouwd werd, aangenomen uitgenomen de afwaartse ingang van de Schaar van den Noord welke ingebracht werd volgens opname 1919, dit om modeltechnische redenen.

In het model werd systematisch onderzocht :

- 1) Het effect op de bodemconfiguratie uitsluitend teweeggebracht door een springtij.
- 2) Het effect op de bodemconfiguratie uitsluitend teweeggebracht door een gemiddelde tij.  
Beide proeven werden uitgevoerd in de veronderstelling dat er geen bovendebiet aanwezig was.
- 3) Zelfde proef als onder 1) maar gekoppeld aan een bovendebiet.

De vergelijking van de uitslagen verkregen onder

- 1) en 2) gaf ons een inzicht over de invloed van de sterkte van de tijgolf, daarentegen gaf de vergelijking tussen de proeven vermeld onder 1) en 3) een inzicht over de invloed van het opperwater.

Voor het springtij werd de getijkromme geregistreerd op 30.12.1955 aangenomen. Deze tij had de volgende karakteristieken :

	<u>Hansweert (*)</u>	<u>Liefkenshoek</u>	<u>Antwerpen</u>
H.W.	5m57	5m93	5m95
L.W.	0m47	0m53	0m40
Tijverschil	5m10	5m40	5m55

Als gemiddelde tijkromme werd deze van 6.6.58 genomen, kromme welke heel goed overeenkwam met de gemiddelde kromme over het jaar 1950. Deze had de volgende karakteristieken :

	<u>Hansweert(*)</u>	<u>Hedwig- polder(*)</u>	<u>Liefkens- hoek</u>	<u>Antwerpen</u>
H.W.	4m61	4m91	4m95(**)	5,03
L.W.	0m10	0m23	0m15(**)	0,05
Tijverschil	4m51	4m68	4m80(**)	4,98

Het onder 3) vermeld ingesteld bovendebiet was ongeveer het viervoudig gemiddeld bovendebiet, dit is een bovendebiet overeenkomend met circa 320m<sup>3</sup>/sec ter hoogte van Antwerpen.

De totale vloed- en ebdebieten aan beide modeluit-  
einden uitgedrukt in 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> bedroegen :

./..

-----  
(\*) Gegevens overgemaakt door de Rijkswaterstaat;

NAP = NKD + 2m40.

(\*\*) Gegist .

	Afwaarts modeluiteinde		Opwaarts modeluiteinde		
	<u>Vloed</u>	<u>Eb</u>	<u>Vloed</u>	<u>Eb</u>	
	(Natuur	565	569	107	103
<u>Springtij</u> (30.12.55)	(Model	586	586	89	89
	(bovendeb. 0)				
	((viervoudig (bovendeb)	572	586	86	100
	(				
	(Natuur	461	465	86	90
<u>Gem. Tij</u> (6.6.58)	(	489	489	103	103
	(Model				
	(				

In het model werden dus afzonderlijk de invloed van de in de natuur optredende factoren bestudeerd, in andere woorden er werd dus gezocht de enkelvoudige invloed van elke factor afzonderlijk te bepalen.

In werkelijkheid heeft men in de natuur te doen met verschijnselen welke, over een zekere termijn gezien, het gevolg zijn van de gezamenlijke actie van de verschillende in aanmerking komende factoren.

Deze systematische studie heeft echter zeer nuttige en onontbeerlijke gegevens verstrekt. Zij heeft een duidelijk inzicht gegeven welke richting moest ingeslagen worden om te komen tot de juiste combinatie, welke in het model de natuurverschijnselen getrouw zou weergeven.

Vrij spoedig werd dan ook, zoals uit de verdere ijkingsproeven blijken zal, de combinatie gevonden, combinatie welke bestond uit een opeenvolging van 12 gemiddelde getijcyclussen (getij 6.6.58) zonder bovendebiet, gevolgd door drie springtijcyclussen (getij 30.12.55) elke getijcyclus met een viervoudig gemiddeld bovendebiet.

Deze grensvoorwaarden zijn trouwens een goede weergave van de voorwaarden die zich in de natuur voordoen.

Inderdaad :

1°) Gedurende elke springtij wordt het viervoudig gemiddeld bovendebiet ingebracht, dat maakt dat gedurende een getijschema (15 tijen)  $3 \times 4 = 12$  keren het gemiddeld bovendebiet, in het model ingevoerd wordt. Dat is op  $3/15$  of op 20% na het gemiddeld jaarlijks bovendebiet, wat dus als buitengewoon bevredigend mag beschuwd worden.

2°) Te Antwerpen bedraagt over de periode 1951-1960 bij gemiddelde springtij :

het hoogwater : 5m425

het laagwater : 0m08

het tijverschil : 5m345

De frequentie dat dit H. W. gedurende dezelfde periode overschreden werd bedraagt circa 20%, hetgeen ongeveer overeenkomt met de frequentie der ingebrachte springtijten in de combinatie. Deze laatste moet echter wel zwaarder zijn dan de gemiddelde springtij, daar in de natuur ook 20% der getijen de gemiddelde springtij overachrijden.

c) Verloop der ijkingsproef.

In de hierbij gevoegde bijlage II wordt nu een film gegeven van de toestand van het complex van Bath en de evolutie van deze toestand in model waargenomen gedurende een proef welke 540 getijen heeft aangehouden met opname op verschillende tussentoestanden.

Aanvangstoestand was, zoals vroeger reeds gezegd, deze opgenomen in het jaar 1955 met uitzondering van de afwaartse ingang van de Schaar van den Noord weergegeven volgens de toestand opgenomen in het jaar 1919 (bijlage IIA).

Om beter nog de ontstane evoluties en de ontwikkeling hiervan , waargenomen gedurende deze ijkingsproef, na te gaan en te interpreteren, werd om de drie getijden bij L.W. te Bath een foto-opname van de omgeving van Bath gemaakt, bijlage 12.

Deze werkwijze was mogelijk daar bij L.W. de zandbanken gedeeltelijk droog vielen en dus in zekere mate aan de hand van deze foto's de evolutie van het platencomplex kon gevolgd worden. De proef geeft aanleiding tot de hiernavolgende beschouwingen :

1°) Vertrekkende van de aanvangstoestand (bijlage 11A) is het stromen van enkele tientallen getijden noodzakelijk voor het inspielen van de geprofileerde beweegbare modelbodem. Er kan gezegd worden dat pas vanaf het 50ste getijde deze bodem aangepast is en van dan af de eigenlijke proef aan aanvang neemt.

2°) Omstreeks het 52ste getijde (zie foto's bijlage 12) bemerkt men het verschijnen van een eerste ebschaar tegen de linker-oever onder het Verdronken Land van Saaftinge. De aftekening van dit schaar op de foto-opnamen in zijn aanvangstoestand is nog enigszins vaag, ook het uitwerken in noordelijke richting is nog heel gering. De as van bovenvermelde ebgeul is op de foto's door een volle lijn weergegeven, waarvan het indexteken overeenkomt met het volgnummer der waargenomen evoluties, de as van het eigenlijke vaarwater wordt weergegeven door een aslijn.

3°) Deze ebschaar volgend, merkt men op dat het uitbochten tussen het 52ste en het 80ste getijde heel langzaam gebeurt, maar eens deze ebschaar ongeveer ter hoogte der coördinaat 84.500 gekomen gebeurt de verschuiving naar het noorden toe in een heel vlug tempo om uiteindelijk dan vanaf het 95ste getijde terug aanzienlijk te vertragen, vertraging welke gepaard gaat met een verzanding van het schaar en een volledige

opslorping door de Plaat van Saaftinge rond het 110de getijde.

De totale duur dezer eerste evolutie bedroeg circa 60 getijen.

4°) In het tweede stadium van deze eerste evolutie is onder de L. O. tegen de Schorre van Saaftinge aan reeds het ontstaan van een tweede ebschaar merkbaar, aanvang ener tweede evolutie welke kan gesitueerd worden rond het 85ste getijde.

5°) Deze tweede evolutie komt in grote lijnen overeen met de eerste en sterft ook uit in de Plaat van Saaftinge omstreeks het 150ste getijde, m. a. w. de totale duur bedraagt dus circa 65 getijden.

6°) Gedurende al die tijd is de oostelijke rand der Plaat van Saaftinge reeds gevoelig in noord-oostelijke richting opgeschoven. Bijlage 11C, bodemtoestand opgenomen na het 135ste getijde, toont deze tweede evolutie reeds in haar laatste stadium met de ebschaar reeds vrij ver noordelijk gelegen, tevens is een flinke verzanding van de drempel van Bath waar te nemen.

7°) Op bijlage 11C is de aanzet ener derde evolutie merkbaar, evolutie begonnen rond het 130ste getijde; deze ebgeul ontwikkelt zich als de twee vorige en komt te verzanden rond het 187ste getijde. Duur dezer derde evolutie circa 57 getijden.

8°) Een vierde evolutie, ontstaan omstreeks het 163ste getijde, is eveneens noordelijk in de Plaat van Saaftinge verzand omstreeks het 214de getijde. Duur van deze vierde evolutie circa 51 getijden.

De ebschaar van deze vierde evolutie is nog vaag waar te nemen op bijlage 11D welke een opname is na het 195ste getijde.

9°) Op bijlage IID is echter een ebschaar ener 5e evolutie duidelijk merkbaar, ebschaar ontstaan omstreeks het 190ste getijde. Tevens is ondertussen de drempel van Bath nog meer aangezand en vertoont diepten van circa 4m00 onder NKD. Deze evolutie gaat nu in wat volgt een zeer grote rol spelen.

10°) Deze 5de evolutie volgend, bemerkt men dat deze ebschaar bij het noordwaarts uitbochten steeds gaat uitdiepen, terwijl de drempel van Bath geleidelijk nog meer verzandt. Het gevolg hiervan is dat deze ebschaar tussen het 250ste en 260ste getijde werkelijk een kortsluiting gemaakt heeft tussen het vaarwater van het Nauw van Bath en het vaarwater boven Bath, t. t. z. omstreeks het 270ste getijde (zie bijlage IIE) heeft deze ebschaar zich tot een nieuw diep en zeer westwaarts gelegen vaarwater ontwikkeld, terwijl het oude vaarwater geheel is gaan verzanden in de afwaartse uitloop van de Ballastplaat.

Er kan dus beweerd worden dat we in model werkelijk een toestand beleefd hebben gelijkaardig aan een natuurlijke evolutie zoals deze h.v. van de periode 1922-1925. Deze 5de evolutie heeft in model circa 75 getijen geduurd; dergelijke evolutie in de natuur duurt ongeveer 5 jaar.

11°) Na deze 5de evolutie kwam de vaargeul dus helemaal westwaarts te liggen. In de daaropvolgende tijdspanne is van het uitwerken ener nieuwe ebschaar niet veel op te merken.

Echter toch komt de algemene strekking van het Platenstelsel van Saafginge weer te voorschijn; deze platen beginnen opnieuw heel langzaam oostwaarts uit te werken. Hiermede gaat opnieuw een langzame verzanding van het vaarwater op de drempel van Bath gepaard.



Op de foto-opnamen is er slechts omstreeks het 410de getijde terug het ontstaan van een nieuw ebschaar duidelijk afgetekend, ebschaar dat zich noordwaarts ontwikkelt en rond het 460ste getijde in de Plaat van Saaftinge komt te verzanden.

12\*) Bijlage 11 I geeft dan het einde van de proef weer met opname na het 540ste getijde.

Een algemeen overzicht van de ijktoestand van gans de beweegbare bodem van het model, over een zone zich uitstreckende van Lillo tot afwaarts de drempel van Valkenisse, wordt gegeven door bijlage 13, die een opname na het 135ste getijde weergeeft en bijlage 14 met een opname na het 270ste getijde.

Bijlage 15 geeft ter illustratie een foto-opname van de beweegbare en vaste bodem van het gebied Valkenisse-Lillo, opname met een horizontale waterstand N.K.D. - 6m00. Deze foto illustreert heel duidelijk hoe de opeenvolgende dieptelijnen van de beweegbare bodem fotografisch vastgelegd werden, daar de scheidingslijn nat-droog op de foto heel duidelijk te onderscheiden is. Opnamen alzo uitgevoerd met verschillende opeenvolgende waterpeilen lieten toe door projectie de hydrografische kaarten van de modelbodem te tekenen.

d) De tijdschaal van het bodemtransport.

De periodiciteit van de waargenomen evoluties in model bedraagt gemiddeld circa 45 getijden. Dit vergelijkend met de gemiddelde periodiciteit waargenomen in de natuur, zijnde ongeveer 3 jaar, kunnen we zeggen dat we, dank zij de ijkingsmethode, de tijdschaal van het model betreffende het bodemtransport hebben bepaald.

De tijdschaal van het bodemtransport bedraagt alzo:

$$\frac{3 \times 365 \times 24 \times 3600''}{45 \times 22'20''} = 1500$$

m.a.w. in model zal alles dus 1500 maal vlugger geschieden dan in de natuur (cfr. hydraulische tijdschaal  $n_t = 33,3$  gegeven door de modelschalen) dit is dus circa 45 x groter dan de hydraulische tijdschaal.

Daar de tijdschaal van het bodemtransport nooit overeenstemt met de hydraulische tijdschaal, was het dus noodzakelijk voor modelproeven met beweegbare bodem dat de tijdschaal voor het bodemtransport eveneens gekend was.

Het grote voordeel van de ijking van het model volgens de methode waardoor we de natuurlijke evoluties welke zich in het verleden in de natuur hebben voorgedaan, in het model hebben kunnen verwezenlijken, methode welke daardoor ook de naam "historische methode" gekregen heeft, ligt hierin:

Wanneer het model de natuurlijke gedragingen van de rivier, gedragingen welke zich in het verleden hebben voorgedaan, heeft kunnen weergeven, zal het model ook de gedragingen van de rivier, nadat zekere normalisatiewerken werden ingevoerd, ook natuurgetrouw weergeven, m.a.w. het zal dus mogelijk zijn de toestand van de rivier in de toekomst te voorzien wanneer in deze laatste zekere normalisatiewerken ingebracht zijn.

e) Stroombanen en Stroomsnelheden.

Alvorens het model met een beweegbare bodem werd uitgerust, werden in het model over het gebied Doel-Waerde snelheidsmetingen met behulp van oppervlaktevlotter uitgevoerd, dit bij maximum vloed- respectievelijk maximum ebstroom voor de springtij van 30.12.1955.

Voor deze snelheidsmetingen werd uitgegaan van een bepaalde natuursituatie in model (deze van het jaar 1955); deze metingen zullen het uitgangspunt vormen voor latere vergelijkingen van stroombanen en stroomsnelheden ingevolge wijzigingen in de rivier aangebracht door normalisatiewerken.

Zo geeft bijlage 16 het stroombeeld weer opgenomen bij maximum vloedstroom en bijlage 17 het stroombeeld opgenomen bij maximum ebstroom.

**BESLUIT.**

De evoluties waargenomen in het model gelijkvormig zijnde met deze van de natuur, kon dus overgegaan worden tot de eigenlijke modelstudie der verschillende normalisatievoorstellen.

Borgerhout, Februari 1965.

De Hoofdingenieur-Directeur van  
Bruggen en Wegen,  
belast met de studie,

De Hoofdingenieur-Directeur van  
Bruggen en Wegen,  
Directeur van het Waterbouwkundig  
Laboratorium,



P. ROOVERS.



A. STERLING.

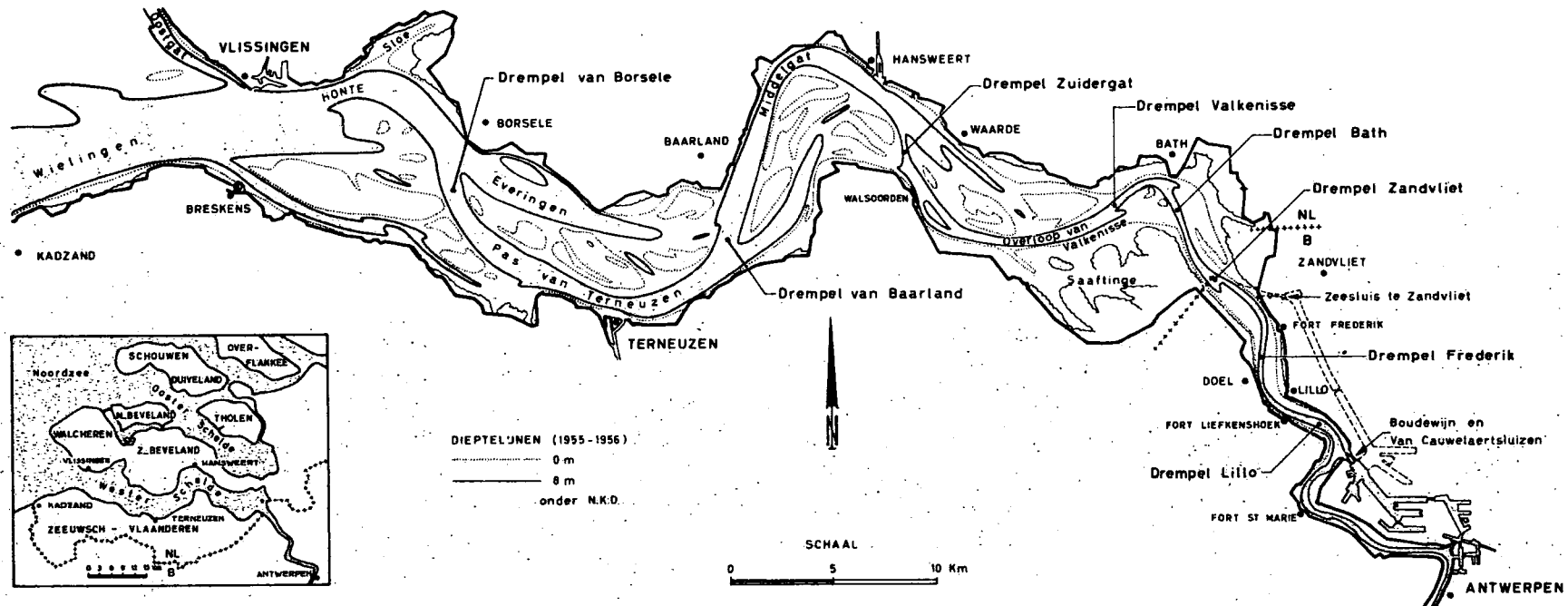
## LIJST DER BIJLAGEN.

---

- Bijlage 1 : Plan Vlissingen-Antwerpen - Liggingsplan model.
- Bijlage 2 : Plan van het Platen- en Geulensysteem van Saafdinge.
- Bijlage 3 : Natuurlijke evolutie van het Complex van Bath gedurende de periode 1921-1926.
- Bijlage 4 : Evolutie van het Complex van Bath gedurende de periode 1948-1953.
- Bijlage 5 : Evolutie van het Complex van Bath over de periode 1932-1953.
- Bijlage 6 : De omgeving van Bath, opname 1942, vergeleken met deze van Mei 1940.
- Bijlage 7 : Valkenisse - Doel, opname 1919.
- Bijlage 8 : Valkenisse - Doel, opname 1955.
- Bijlage 9 : Aard van de bodem.
- Bijlage 10A : Bodemconfiguratie volgens opname 1955:aanvangstoestand der ijkingsproeven.
- Bijlage 10B : Bodemconfiguratie weergevonden in model na 150 tijen stromen.  
 $\gamma_w = 1,0245$
- Bijlage 10C : Bodemconfiguratie weergevonden in model na 65 tijen stromen.  
 $\gamma_w = 1,035.$
- Bijlage 11A : Aanvangstoestand.
- Bijlage 11B : Opname na 60 tijen.
- Bijlage 11C : Opname na 135 tijen.
- Bijlage 11D : Opname na 195 tijen.
- Bijlage 11E : Opname na 270 tijen.
- Bijlage 11F : Opname na 345 tijen.
- Bijlage 11G : Opname na 390 tijen.
- Bijlage 11H : Opname na 465 tijen.
- Bijlage 11 I : Opname na 540 tijen.

- Bijlage 12 : Foto-opnamen van de omgeving van Bath in het model, genomen elke drie getijden, telkens bij L.W. te Bath.**
- Bijlage 13 : Valkenisse-Lillo. Opname na 135 tijen.**
- Bijlage 14 : Valkenisse-Lillo. Opname na 270 tijen.**
- Bijlage 15 : Valkenisse-Lillo. Foto-opname op N.K.D. -6m00.**
- Bijlage 16 : Stroombanen en stroomsnelheden bij maximum vloedstroom.**
- Bijlage 17 : Stroombanen en stroomsnelheden bij maximum ebstroom.**

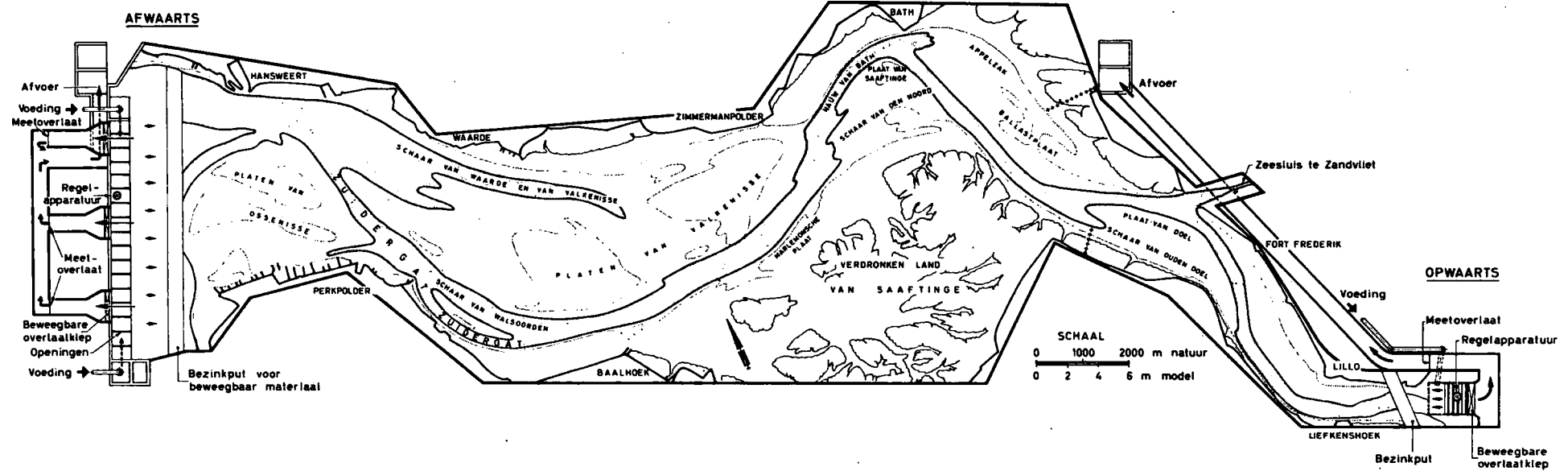
-----



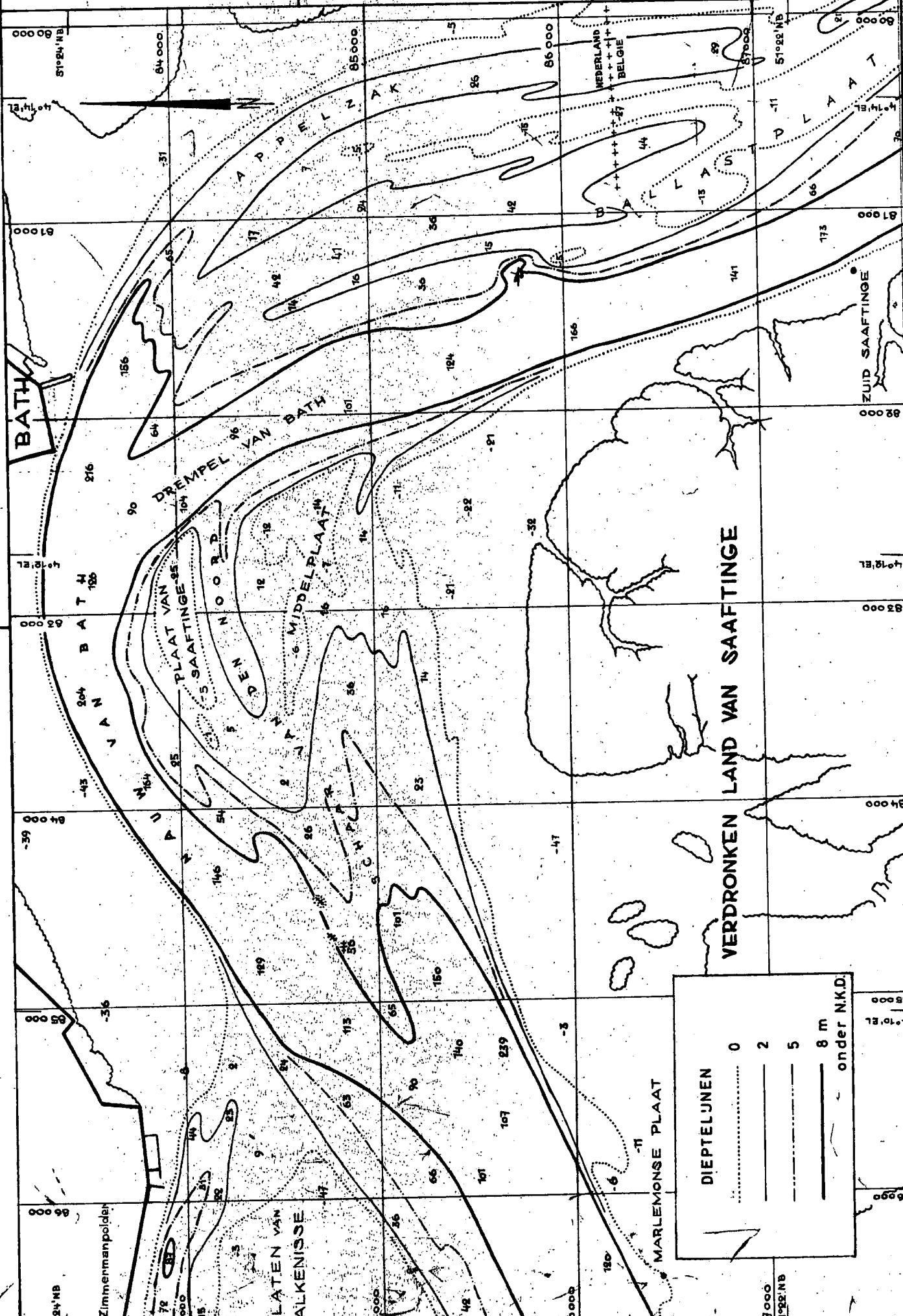
WESTERSCHDELDE  
VLISSINGEN-ANTWERPEN  
LIGGINGSPLAN MODEL

MOD. 119

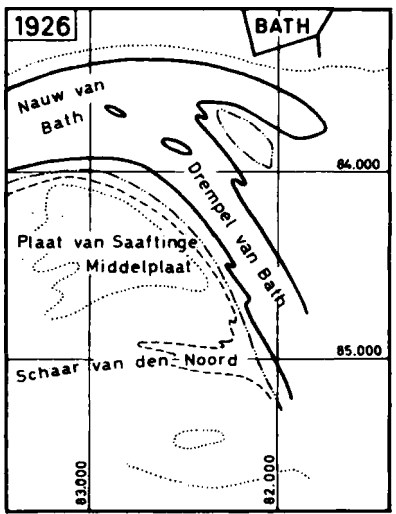
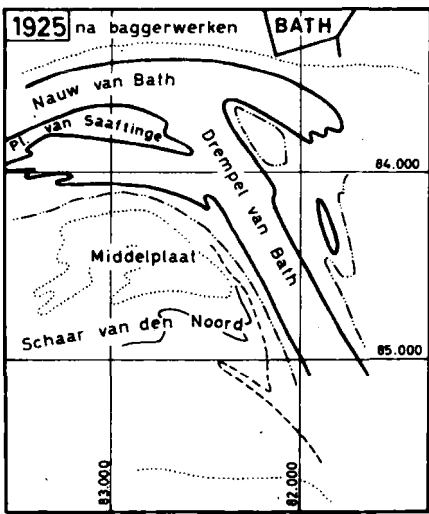
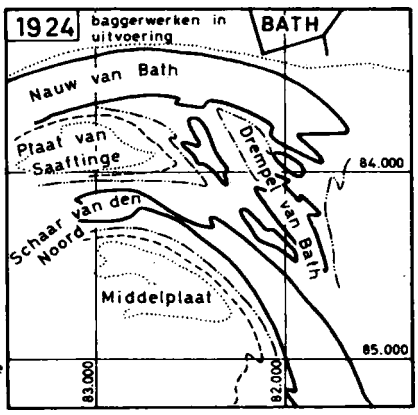
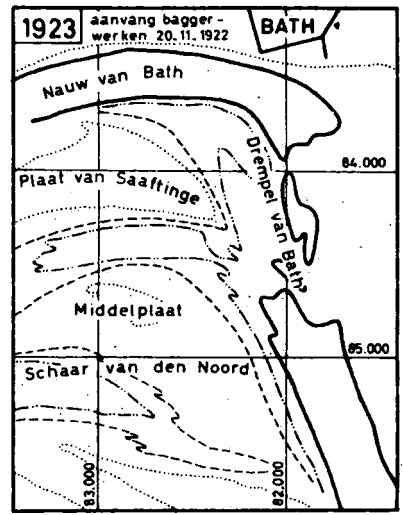
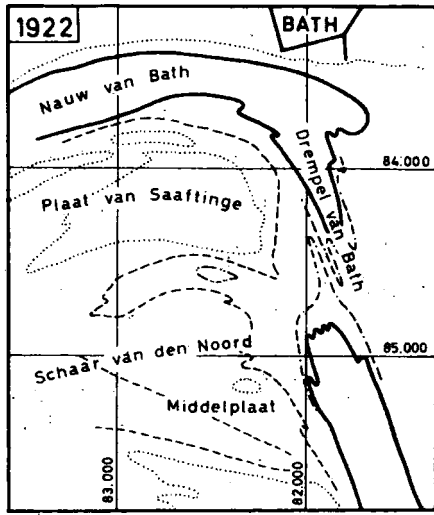
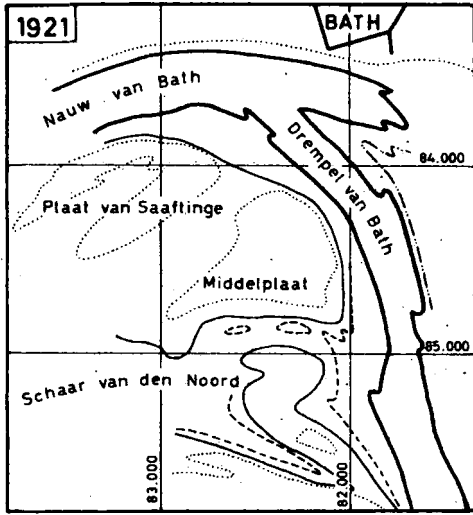
Bijlage 1



SCHAAL: 1/25.000

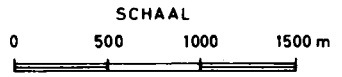


DEIPTELJEN	
.....	0
_____	2
_____	5
_____	8 m
_____	onder N.K.D.

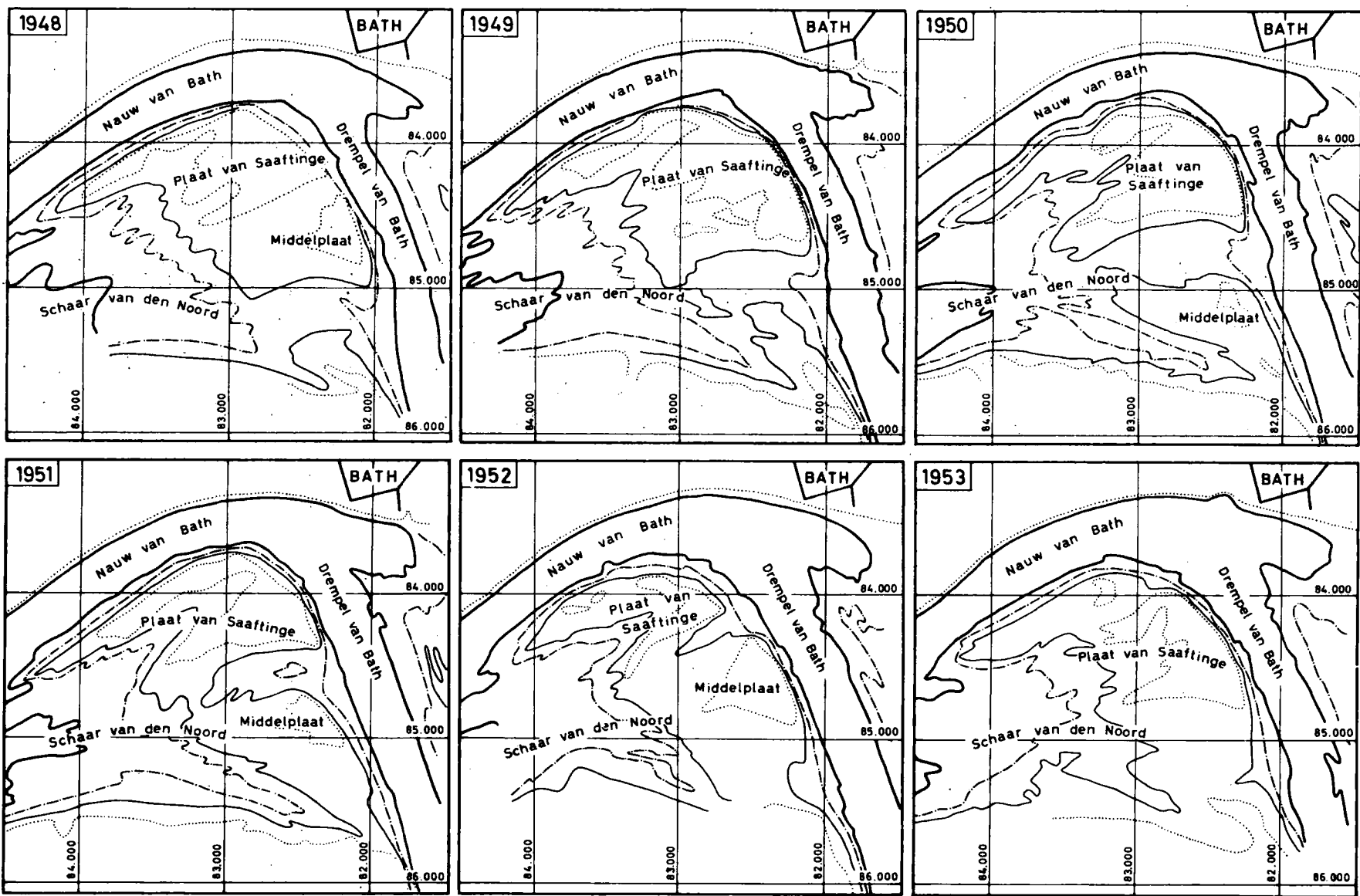


Dieptelijnen  
 ——— 8  
 - - - 7  
 - - - 5  
 - - - 3  
 - - - 2  
 ..... 0 m  
 onder N.K.D.

Nederlandse rechthoekige  
 coördinaten



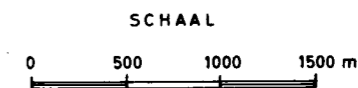
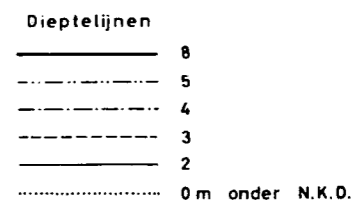
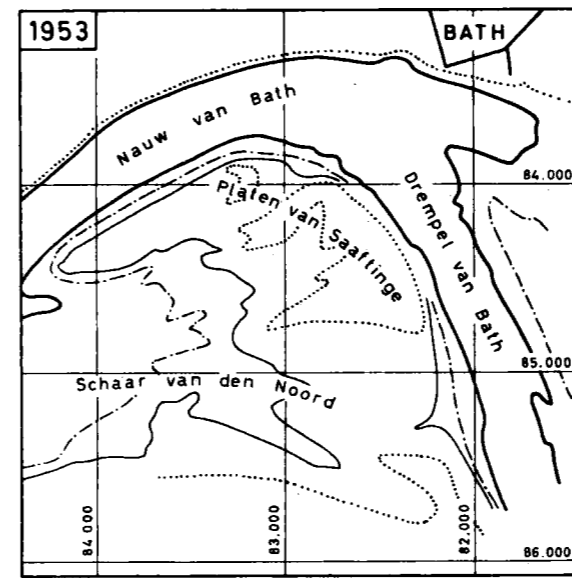
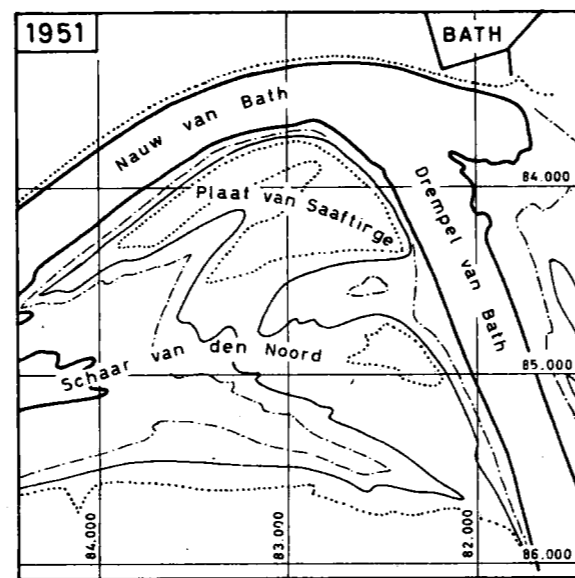
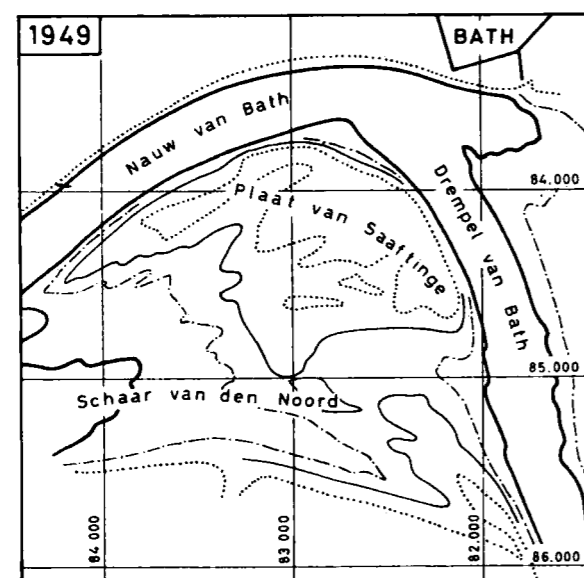
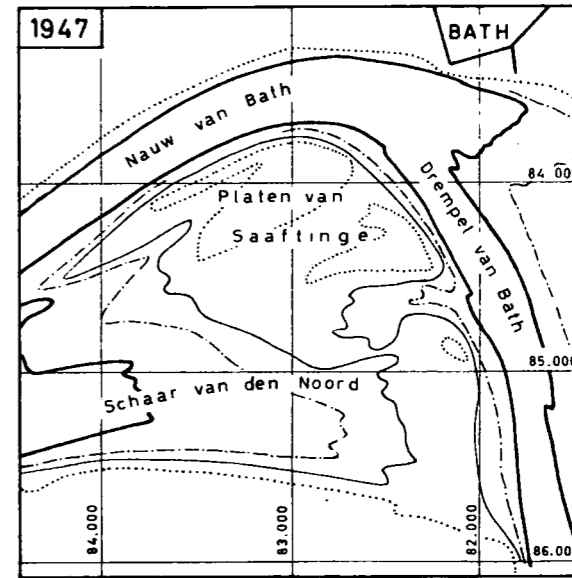
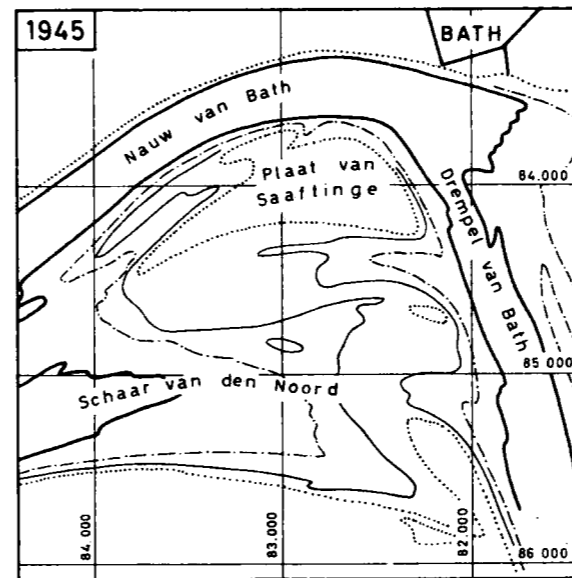
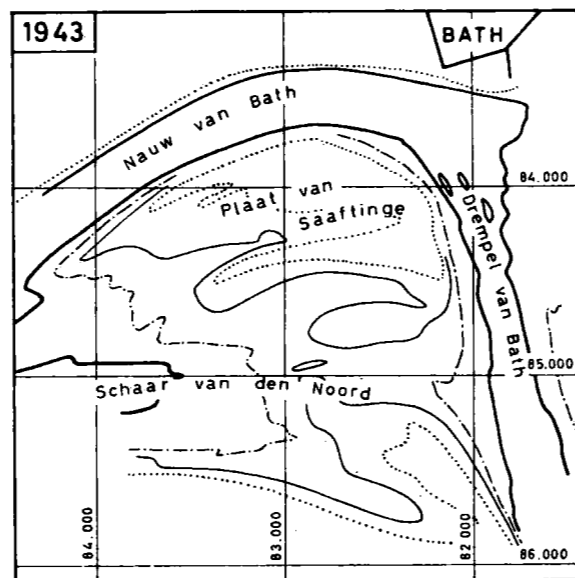
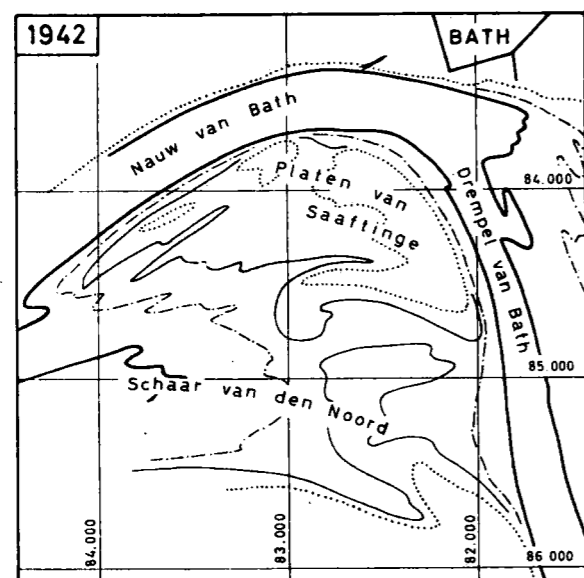
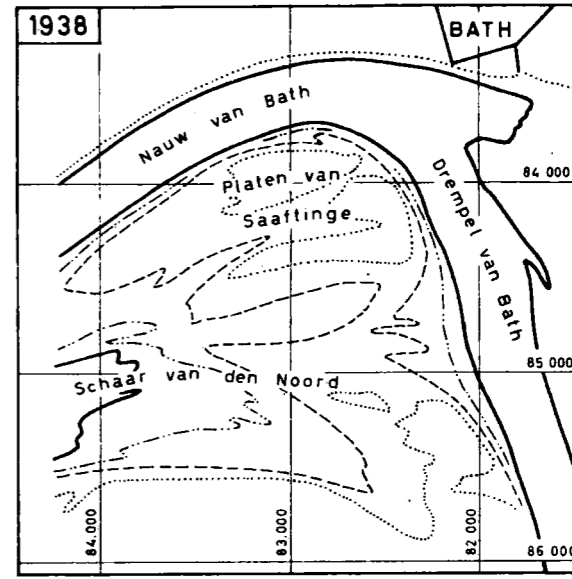
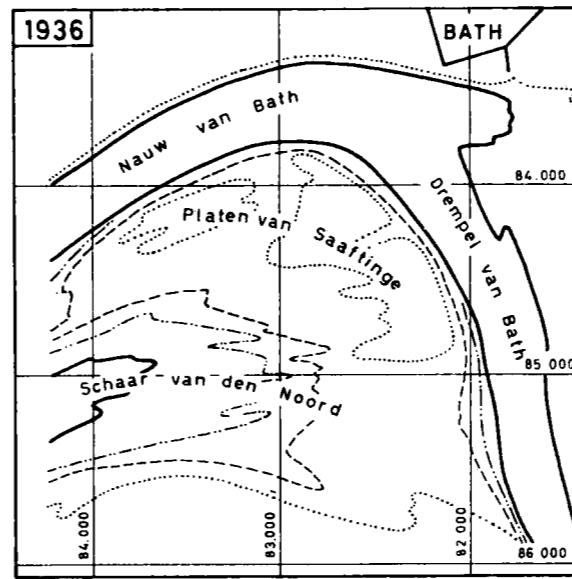
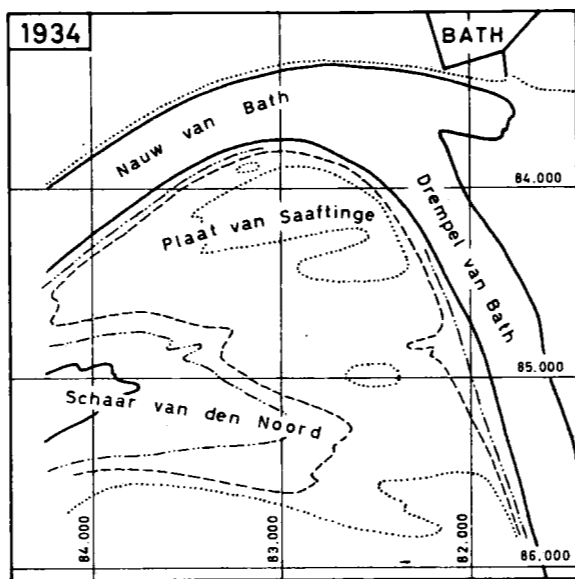
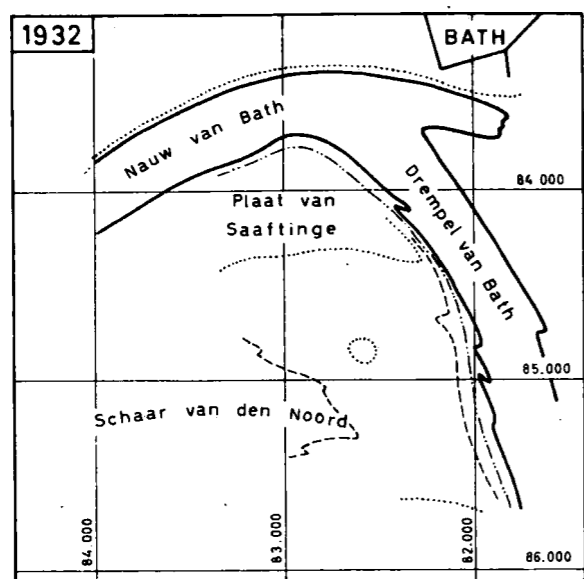




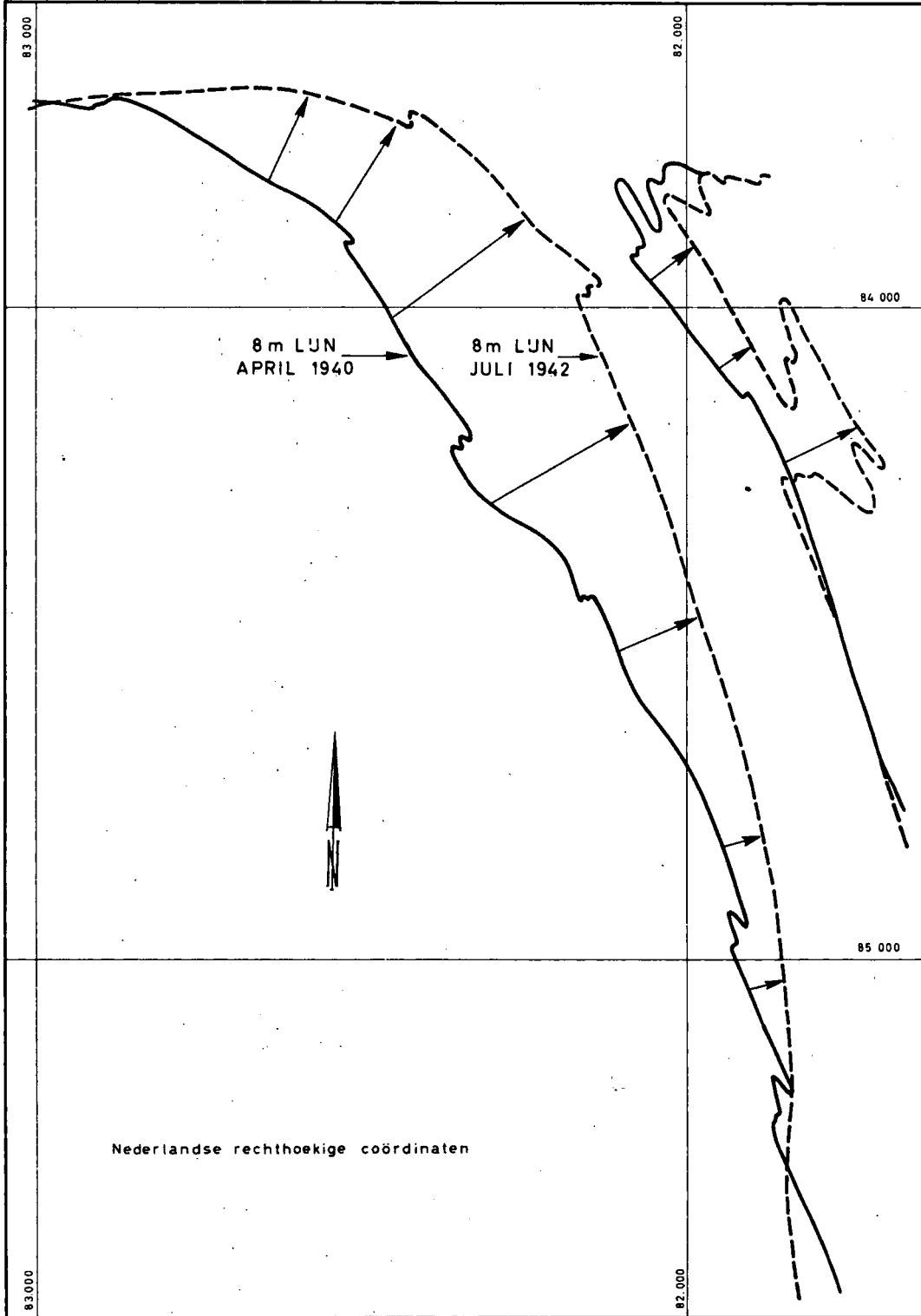
Dieptelijnen  
 ————— 8  
 - - - - - 4  
 - - - - - 2  
 ..... 0 m onder N.K.D.

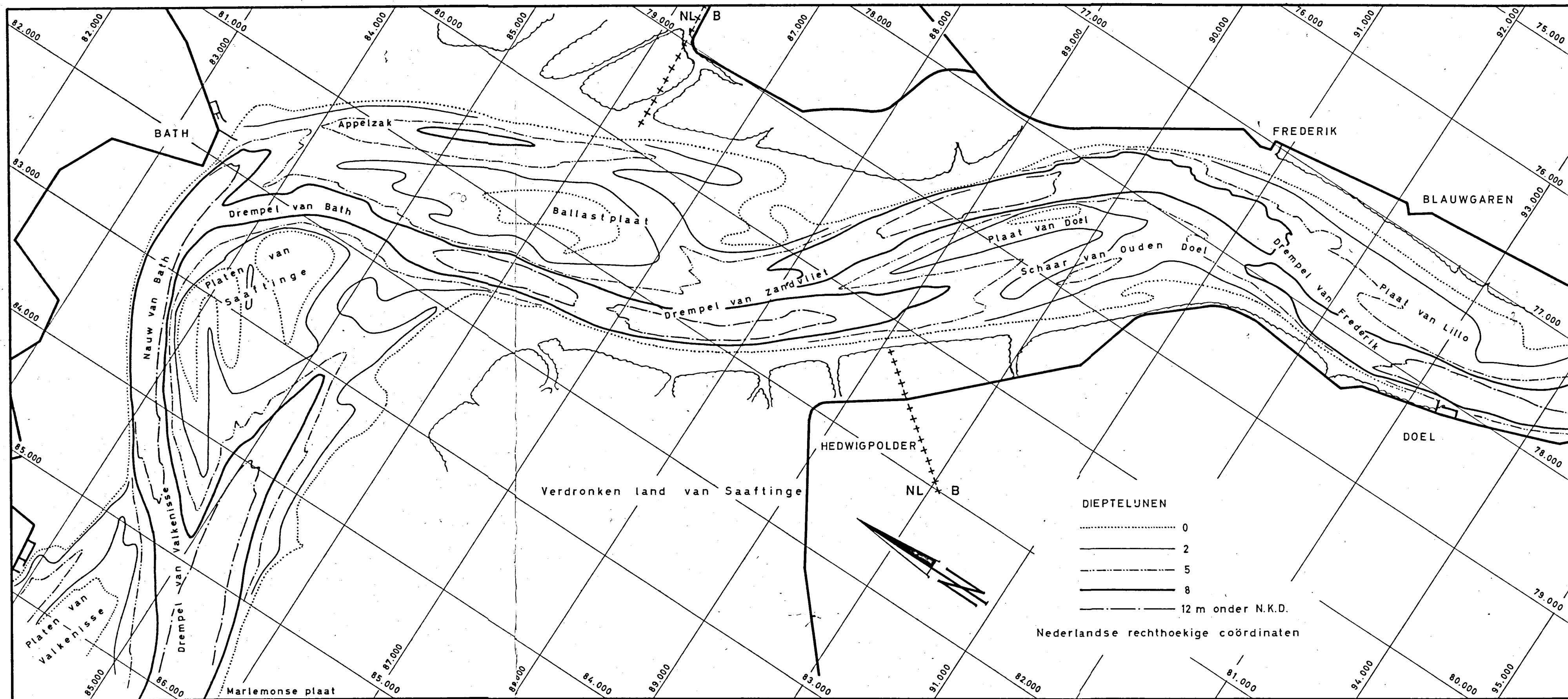
SCHAAL  
 0 500 1000 1500 m

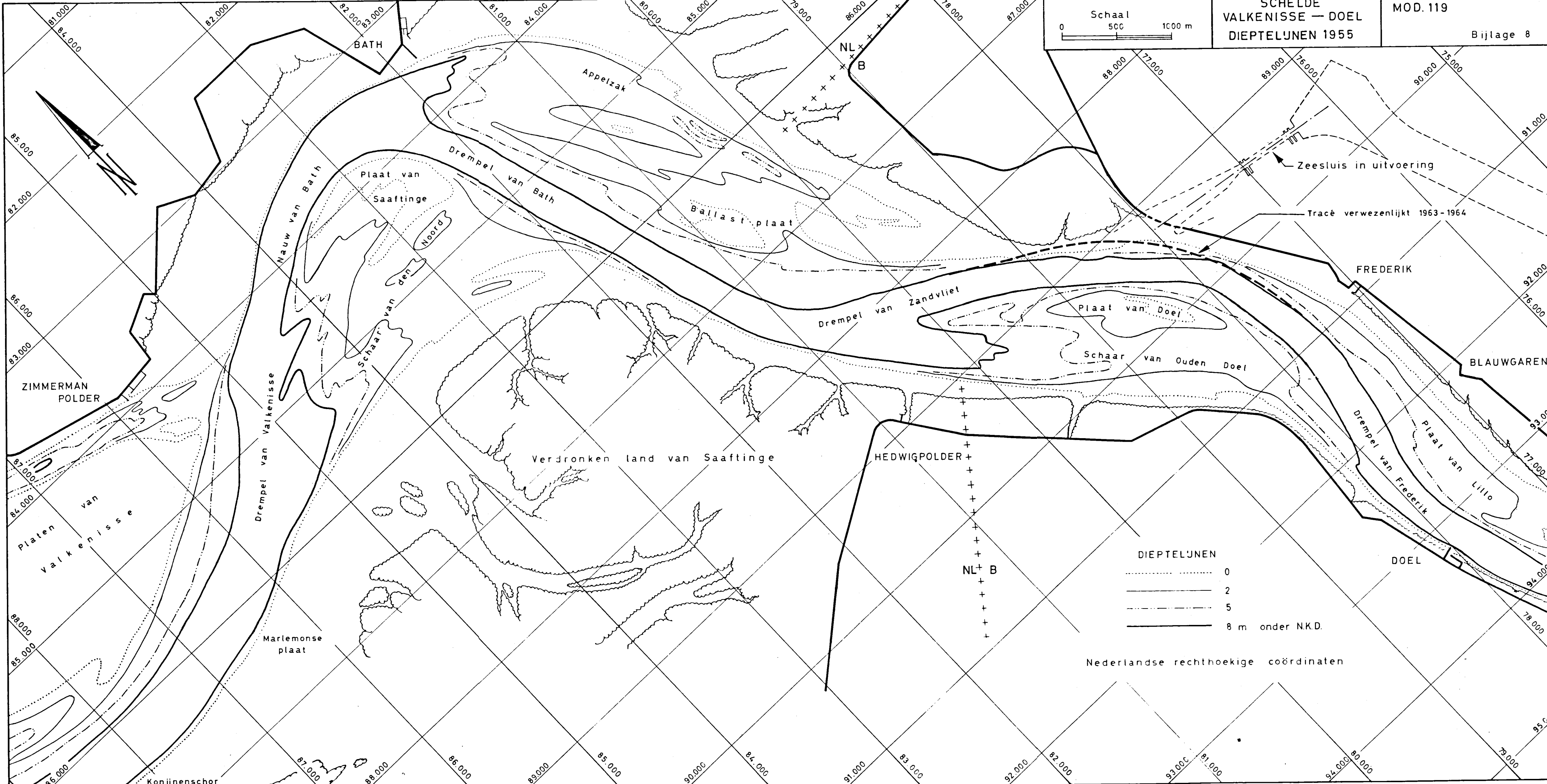
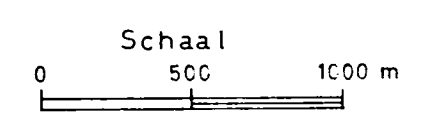
Nederlandse rechthoekige  
 coördinaten



Nederlandse rechthoekige coördinaten



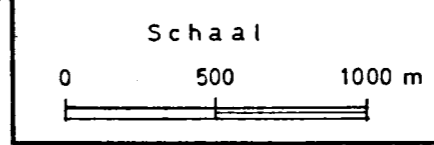




DIEPTELIJNEN

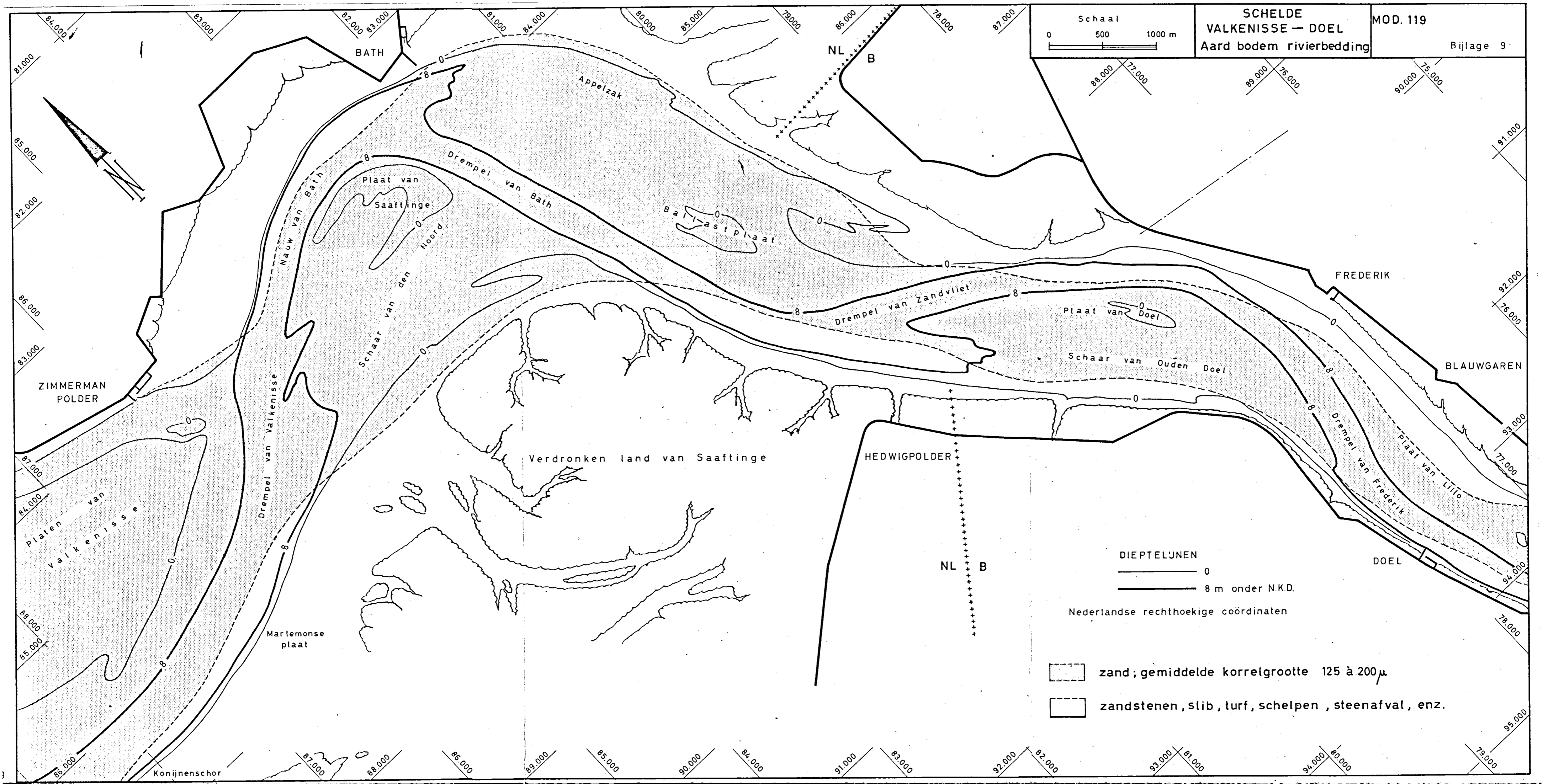
.....	0
-----	2
- - - - -	5
—————	8 m onder N.K.D.

Nederlandse rechthoekige coördinaten



SCHELDE  
VALKENISSE — DOEL  
Aard bodem rivierbedding

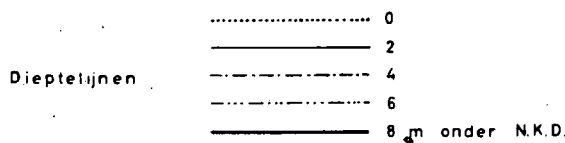
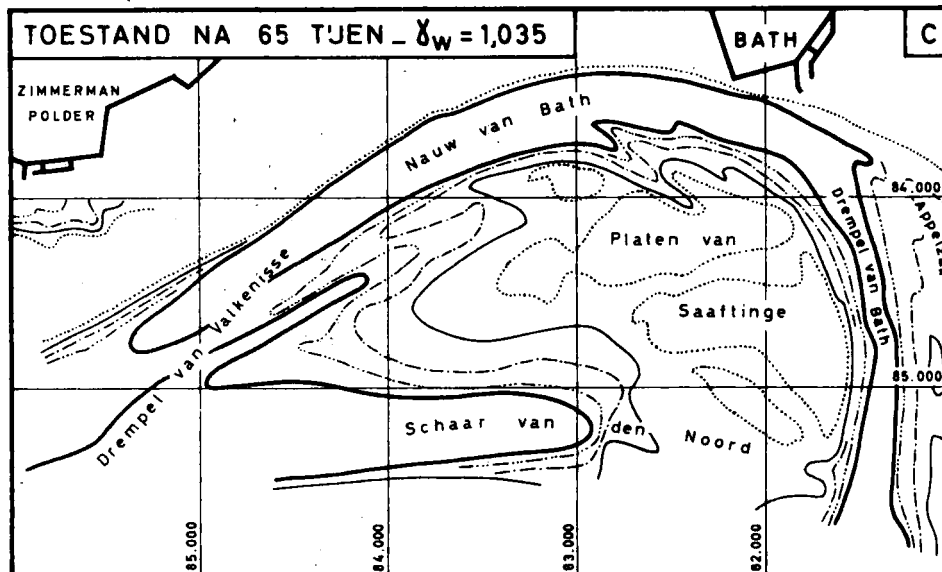
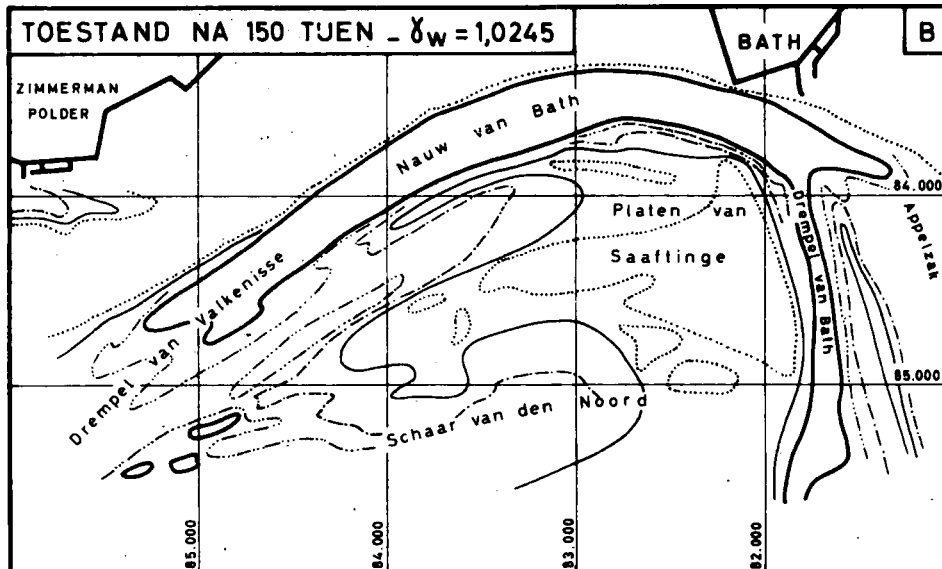
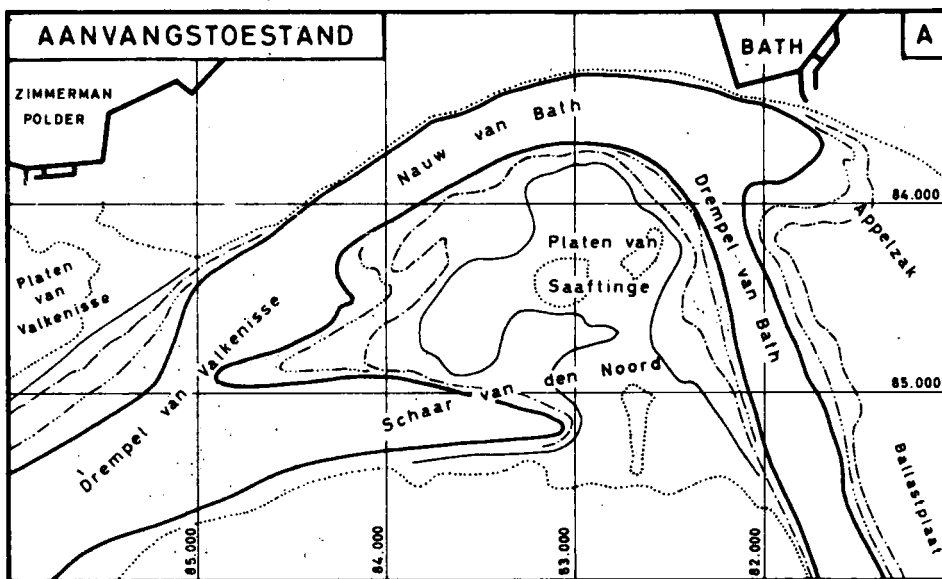
MOD. 119  
Bijlage 9



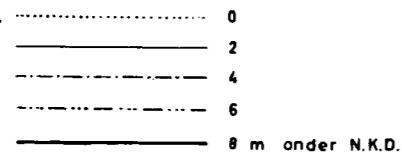
DIEPTELIJNEN  
 ————— 0  
 ————— 8 m onder N.K.D.

Nederlandse rechthoekige coördinaten

- zand; gemiddelde korrelgrootte 125 à 200  $\mu$
- zandstenen, slib, turf, schelpen, steenafval, enz.

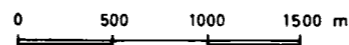


DIEPTELIJNEN



Nederlandse rechthoekige coördinaten

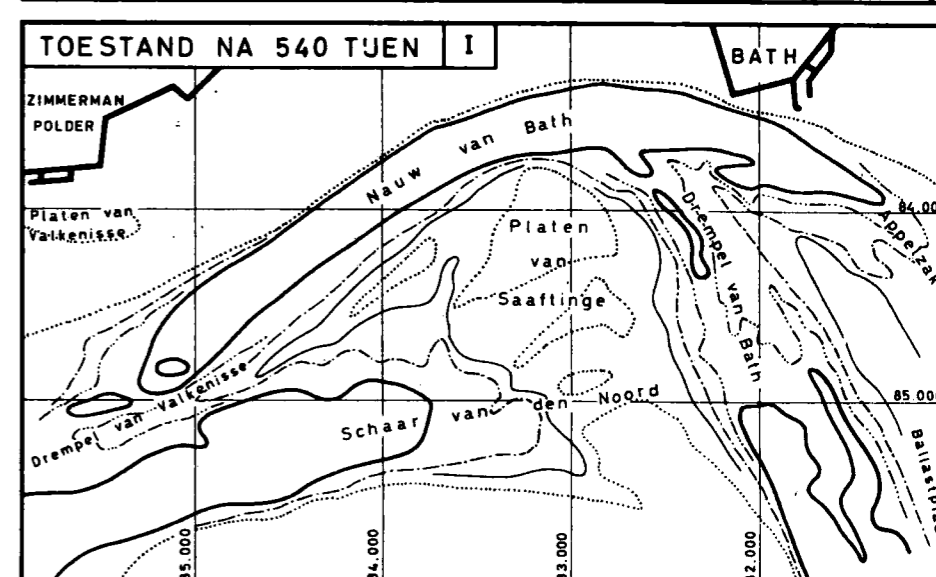
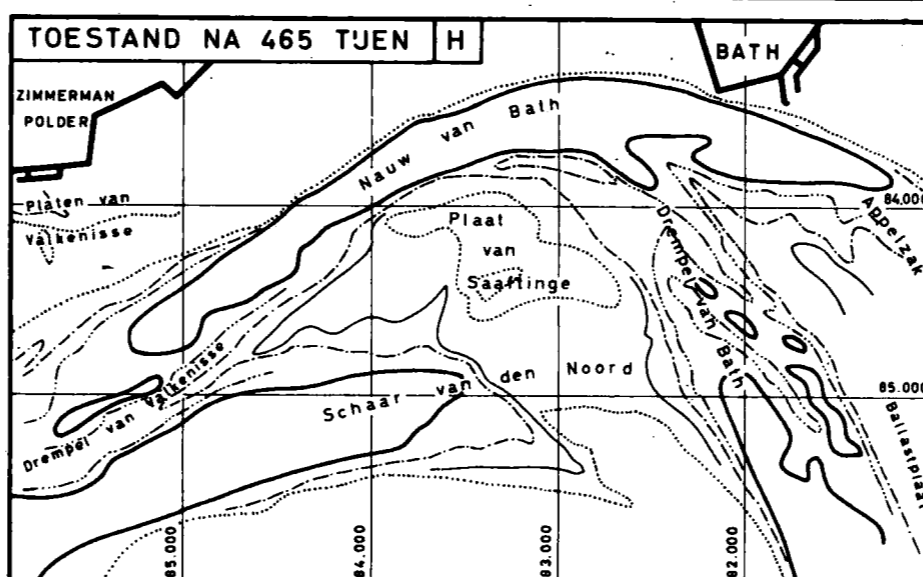
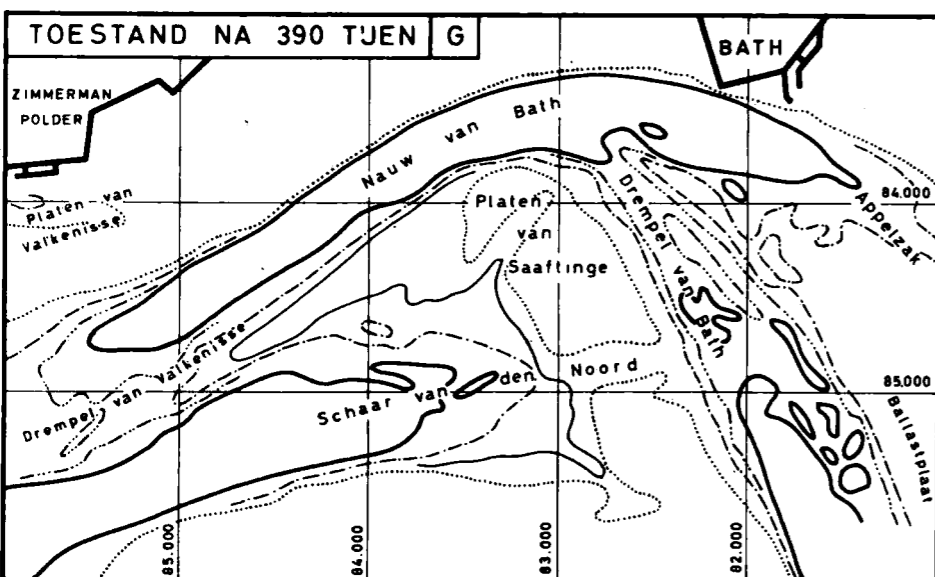
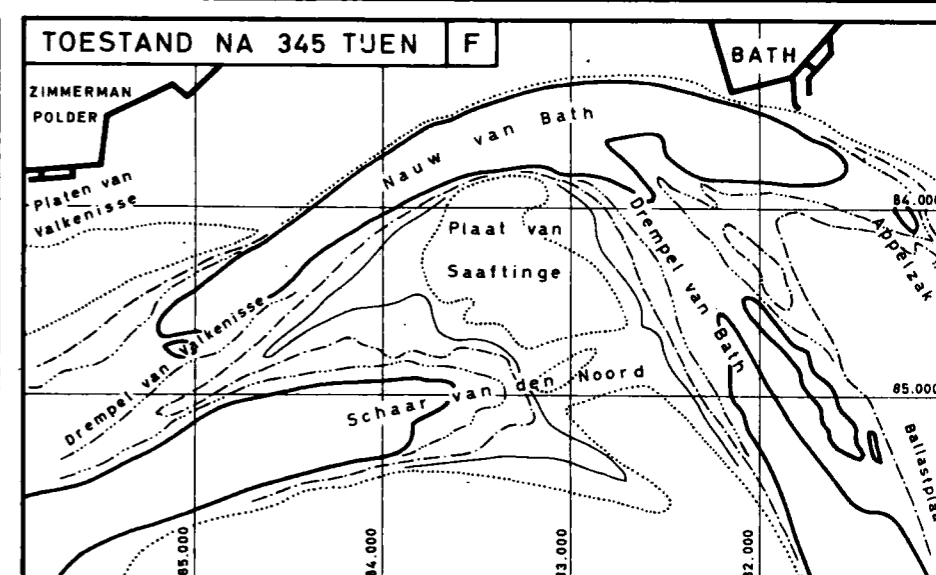
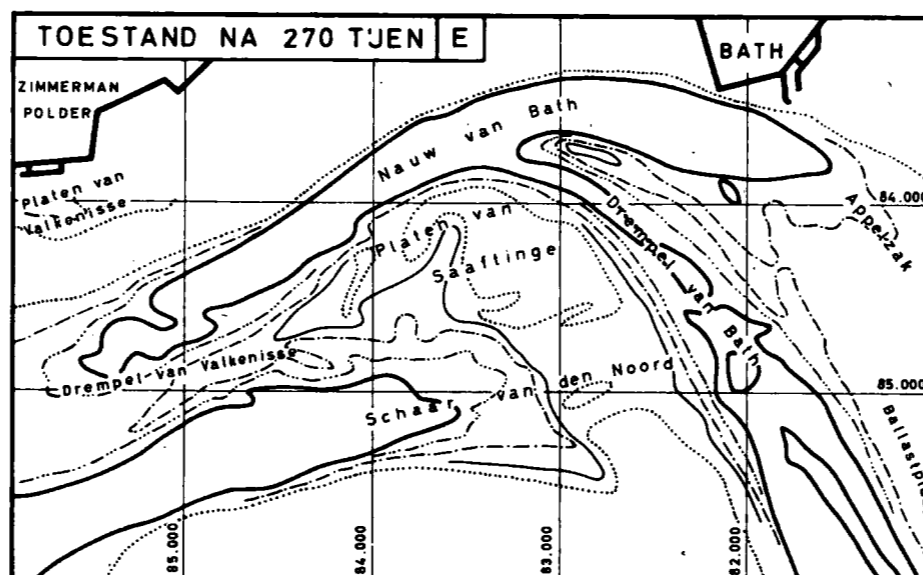
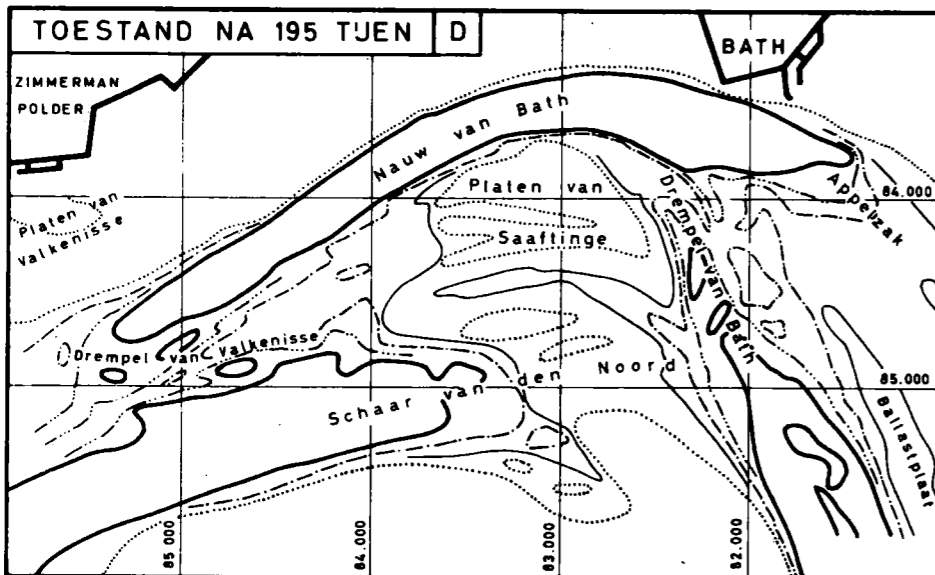
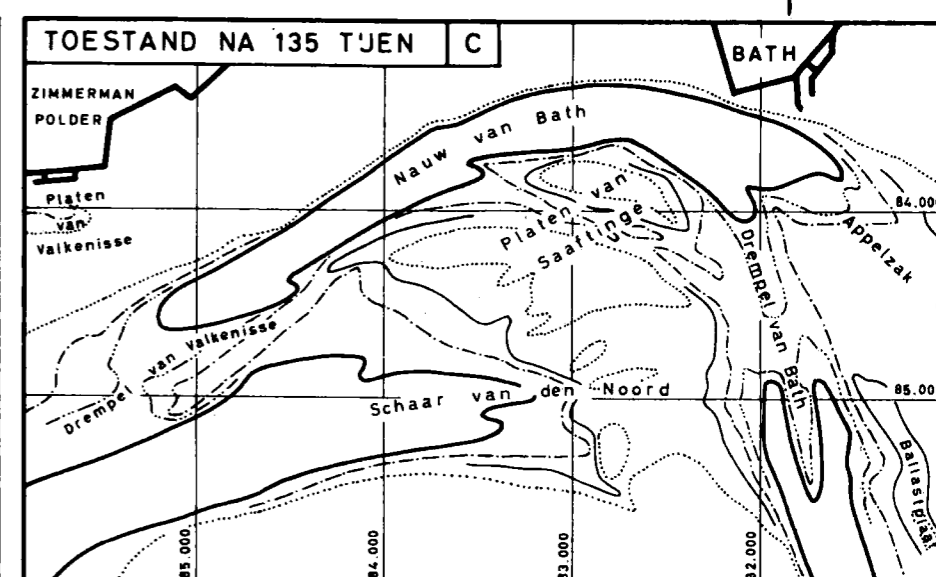
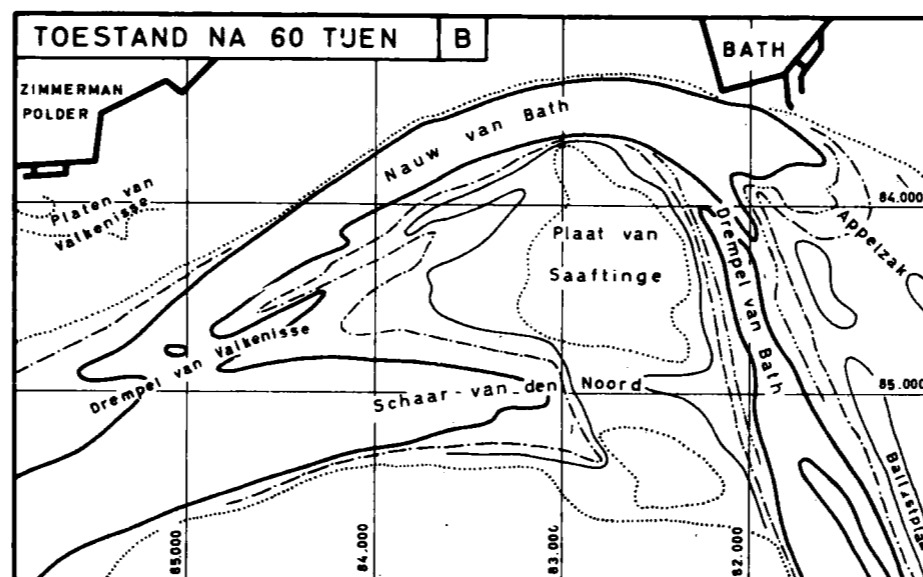
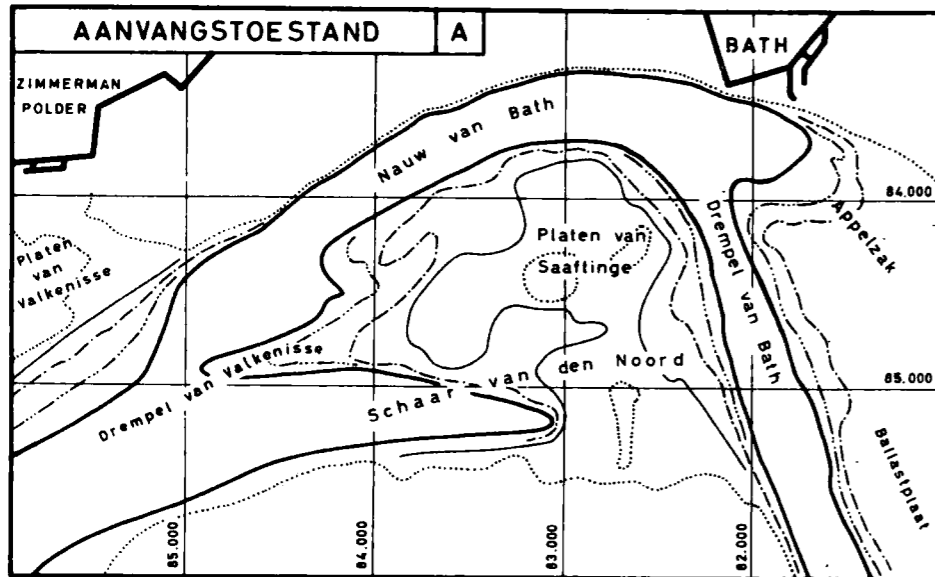
SCHAAL



OMGEVING VAN BATH  
UKINGSPROEF

MOD. 119

Bijlage 11





Dieptelijnen in m tov. N.K.D.  
Gem. L.W. Bath = +0,35m tov. N.K.D.

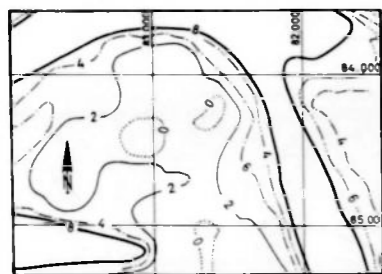
Ned. rechth. coördinaten

SCHAAL  
0 500 1000 1500 m

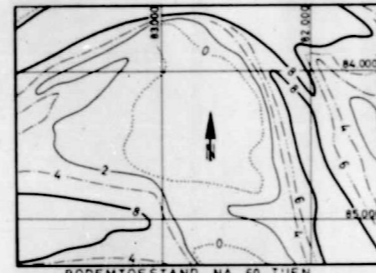
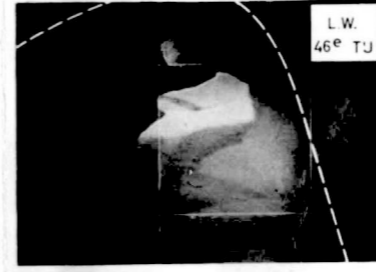
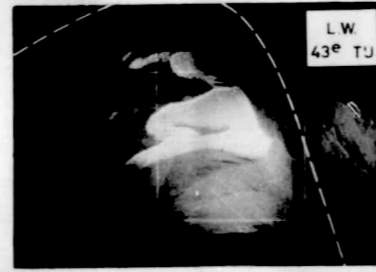
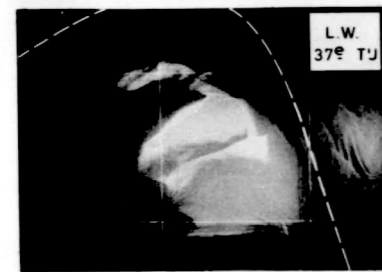
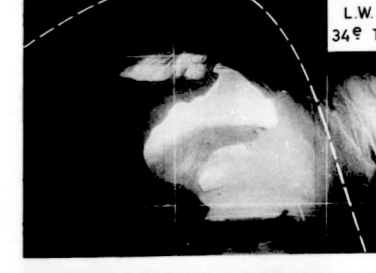
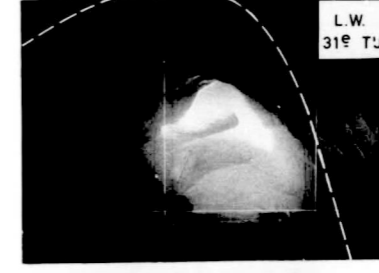
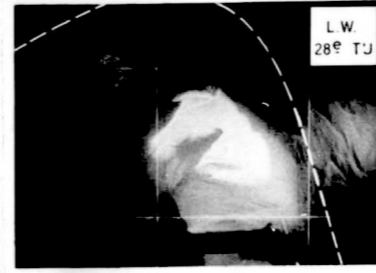
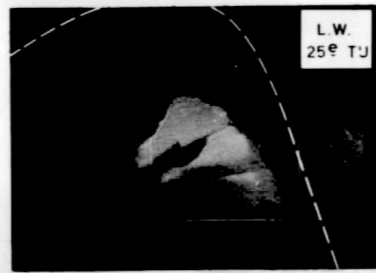
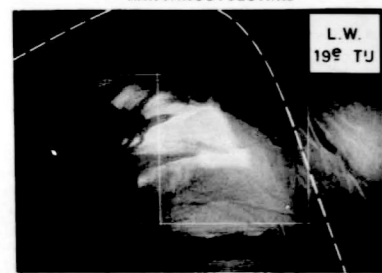
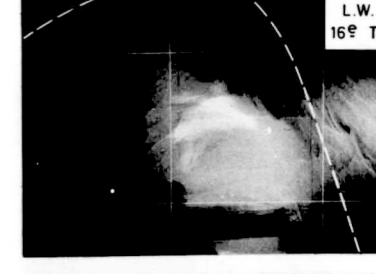
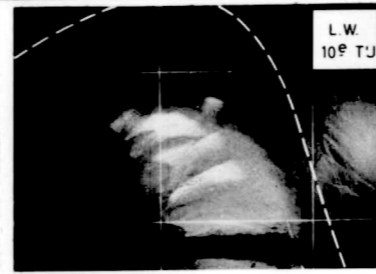
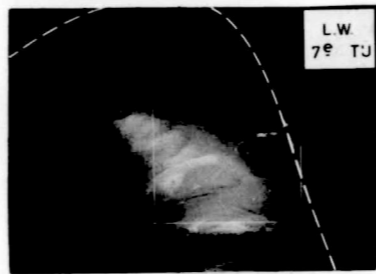
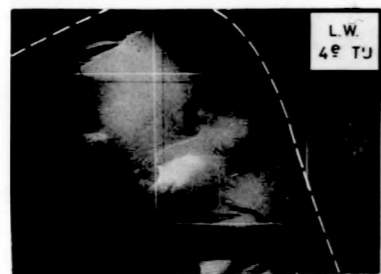
EVOLUTIE PLATEN EN  
GEULENSTELSEL BATH  
\_FOTOOPNAMEN BJ L.W.\_

MOD. 119

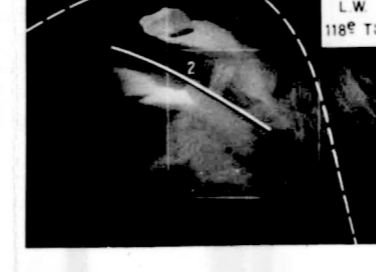
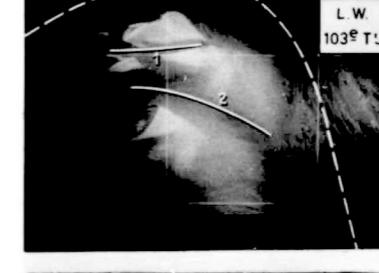
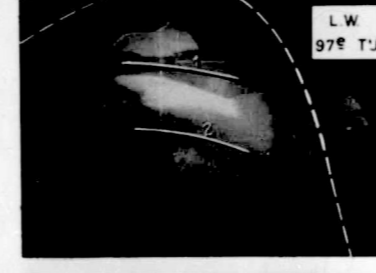
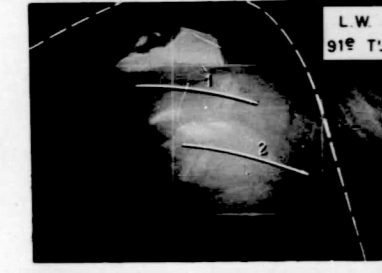
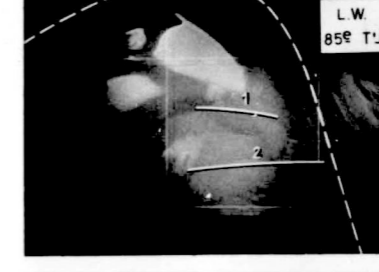
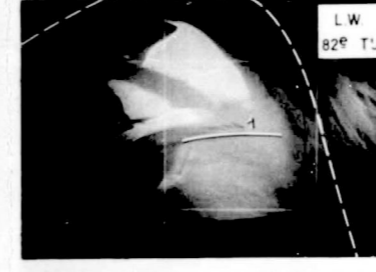
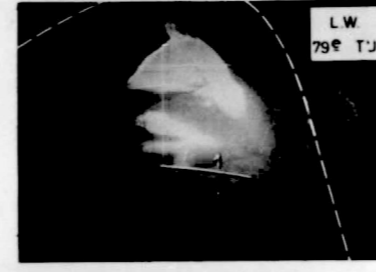
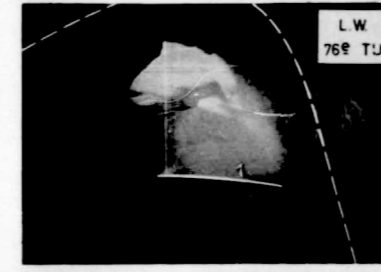
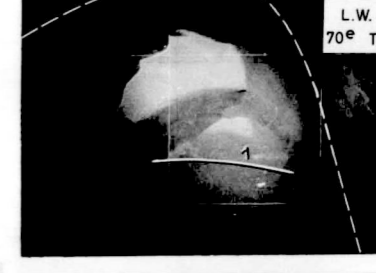
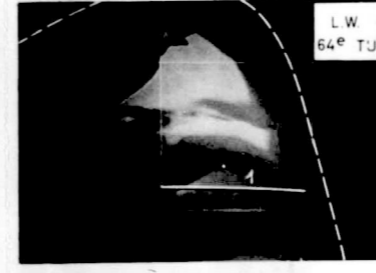
Bijlage 12



AANVANGS TOESTAND



BODEMTOESTAND NA 60 TUEN



64.072

Dieptelijnen in m t.o.v. N.K.D.  
Gem. L.W. Bath = +0,35 m t.o.v. N.K.D.

Ned. rechth. coördinaten

SCHAAL  
0 500 1000 1500 m

EVOLUTIE PLATEN EN  
GEULENSTESEL BATH  
\_FOTOOPNAMEN B'J L.W.\_

MOD. 119

Bijlage 12  
1<sup>e</sup> vervolg

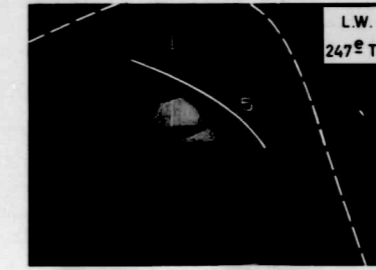
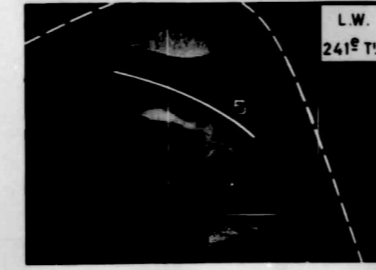
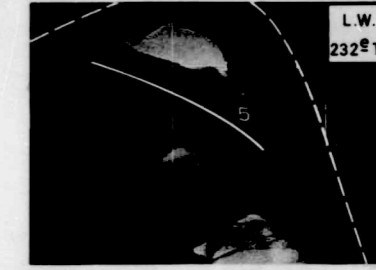
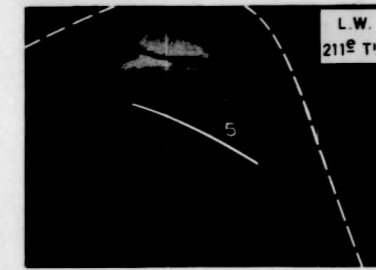
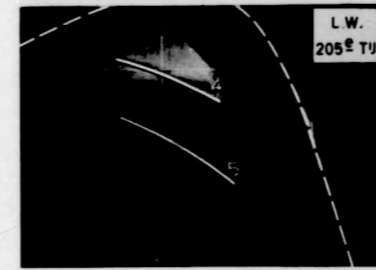
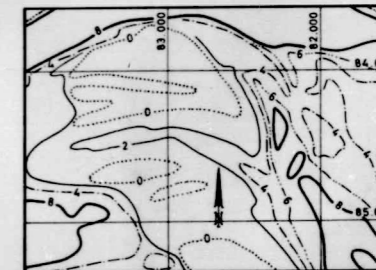
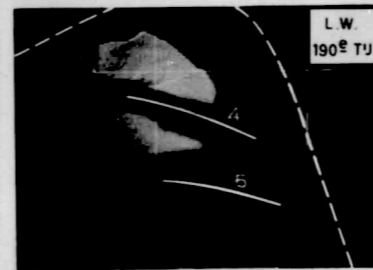
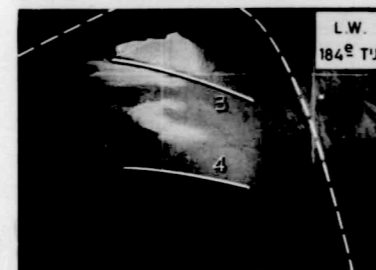
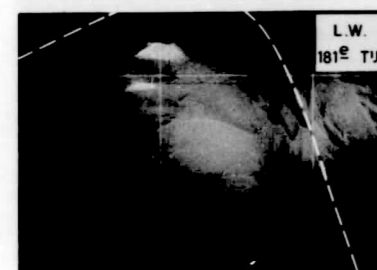
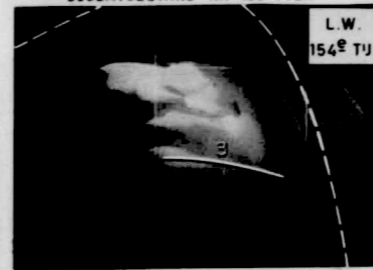
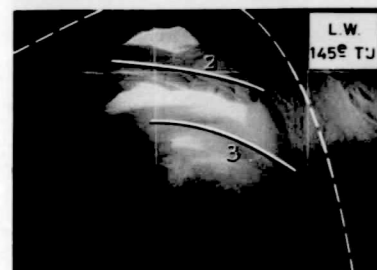
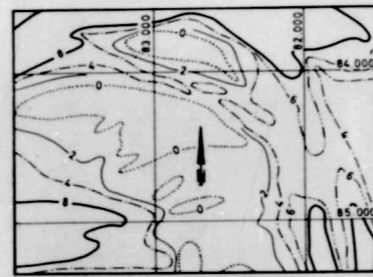
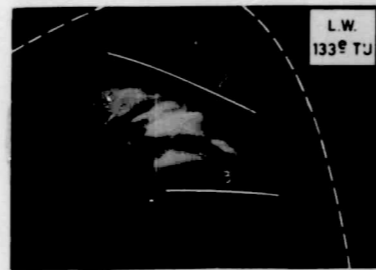
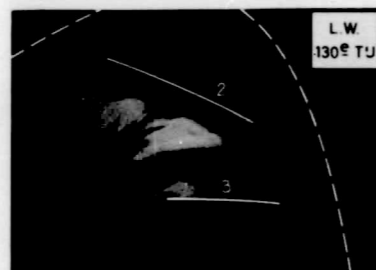
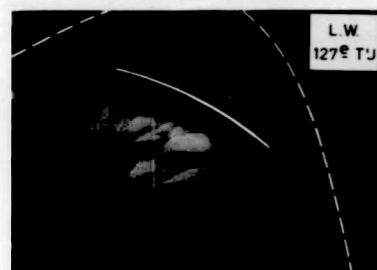


FOTO TE LAAT GENOMEN

64.073

Dieptelijnen in m t.o.v. N.K.D.  
Gem. L.W. Bath = +0,35 m t.o.v. N.K.D.

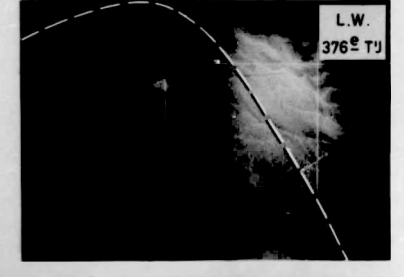
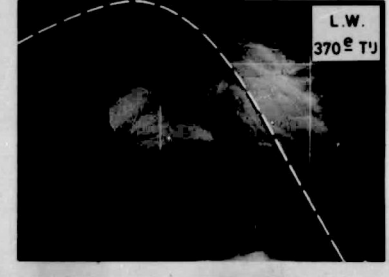
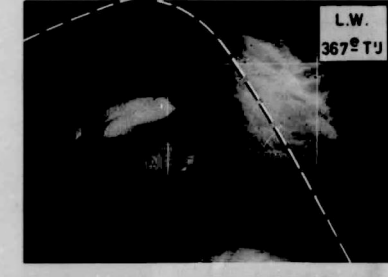
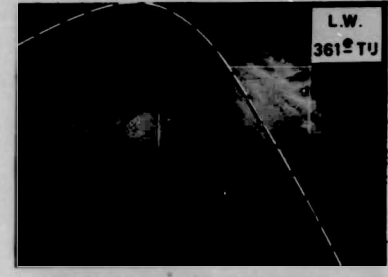
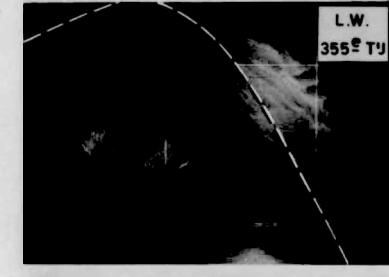
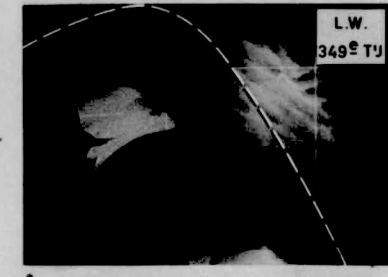
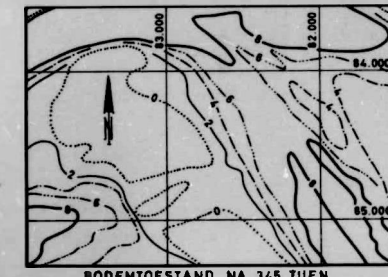
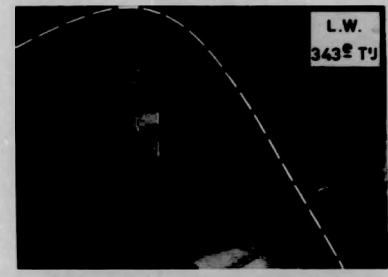
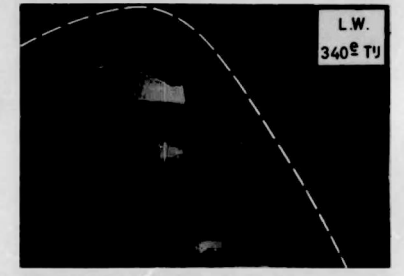
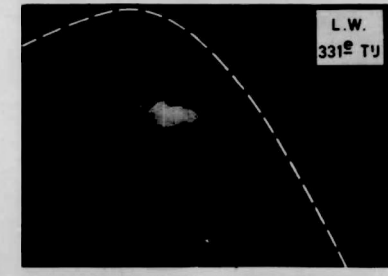
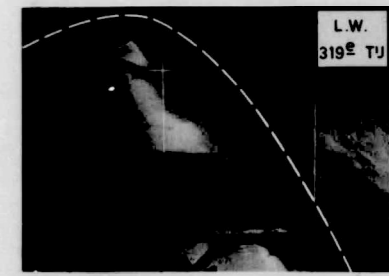
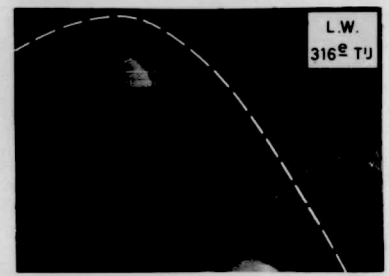
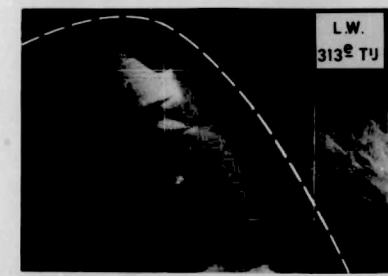
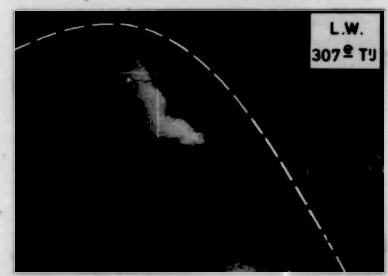
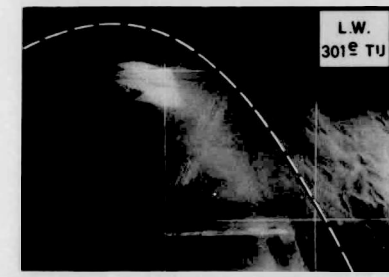
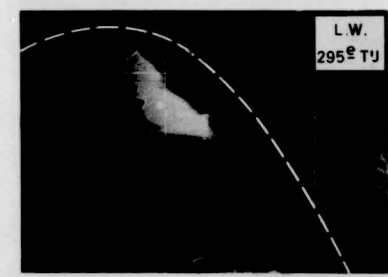
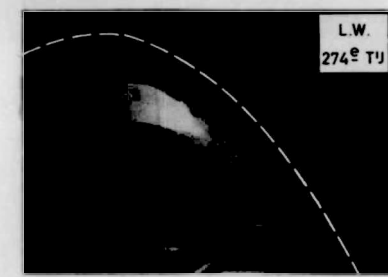
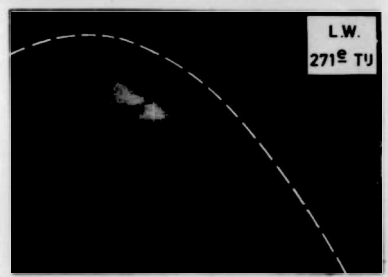
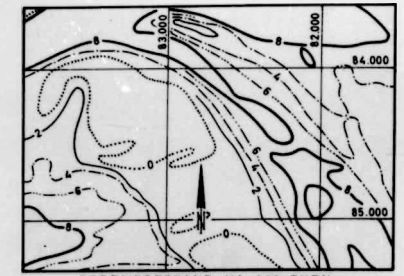
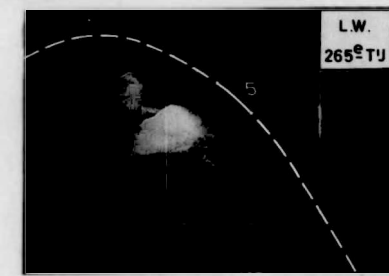
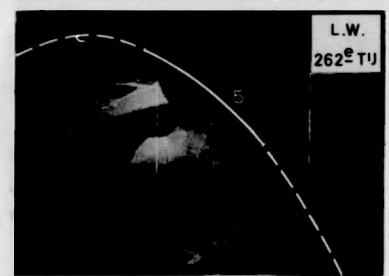
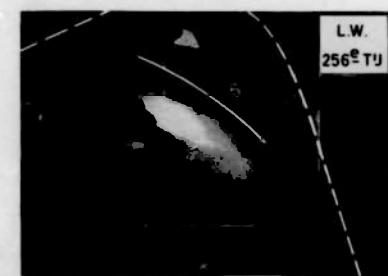
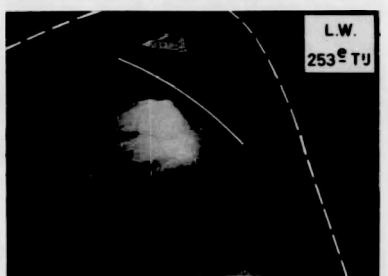
Ned. rechth. coördinaten

SCHAAL  
0 500 1000 1500 m

EVOLUTIE PLATEN EN  
GEULENSTELSEL BATH  
\_FOTOOPNAMEN BIJ L.W.\_

MOD. 119

Bijlage 12  
2<sup>e</sup> vervolg



64074

Dieptelijnen in m t.o.v. N.K.D.  
Gem. L.W. Bath = +0,35 m t.o.v. N.K.D.

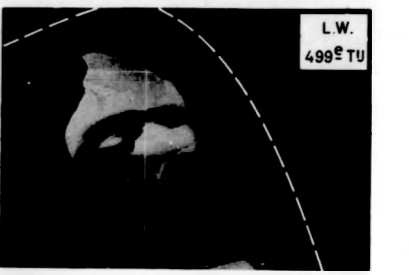
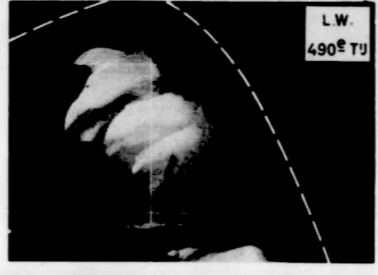
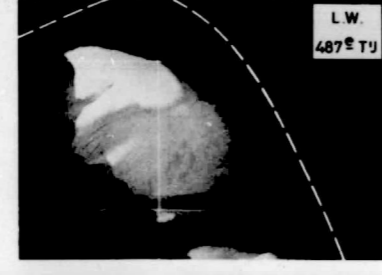
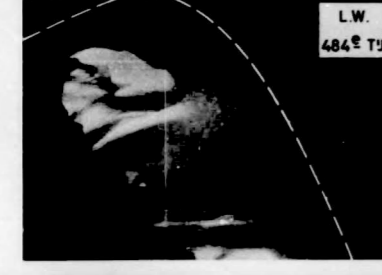
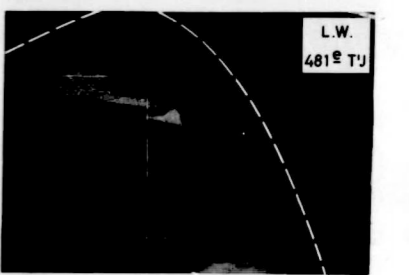
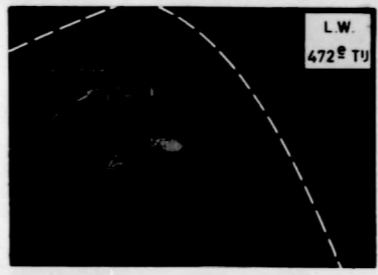
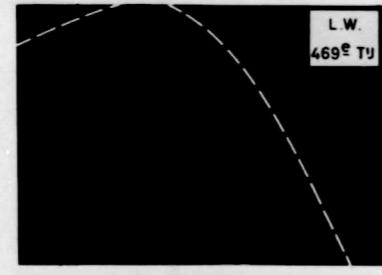
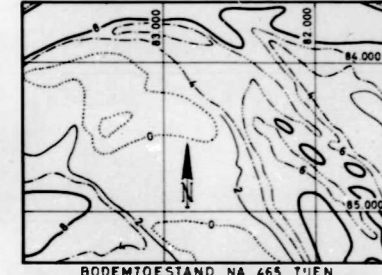
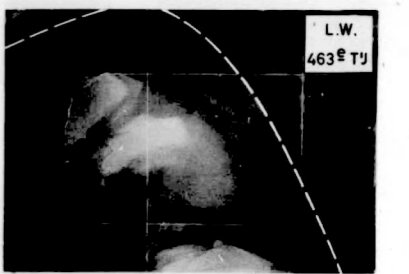
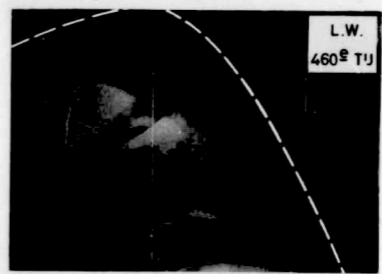
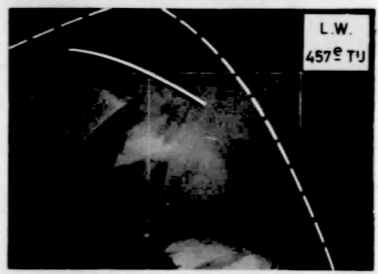
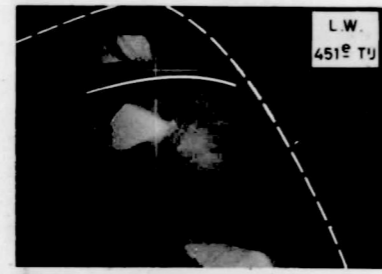
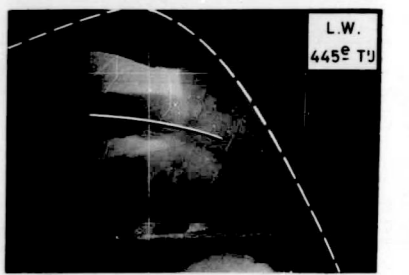
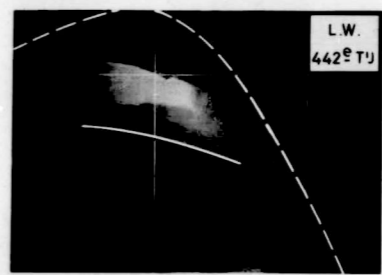
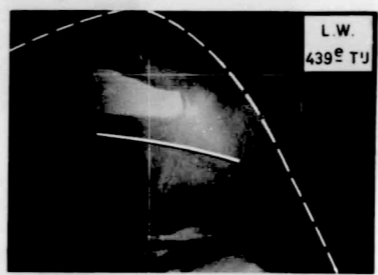
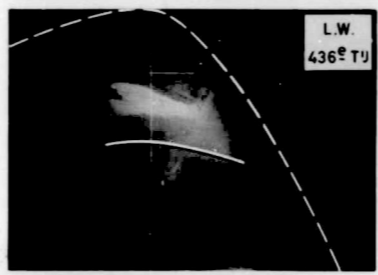
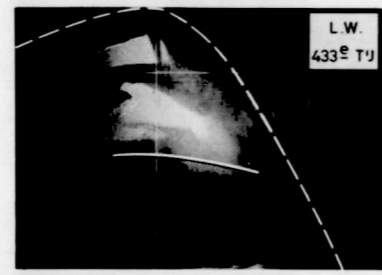
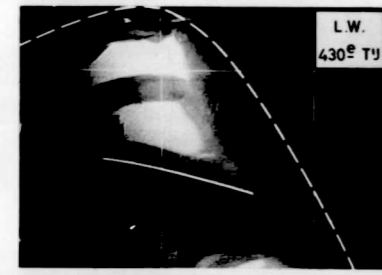
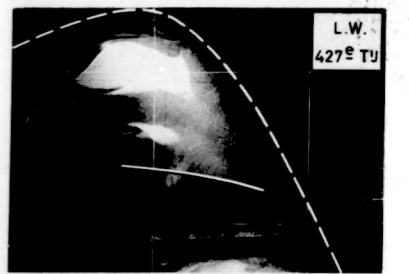
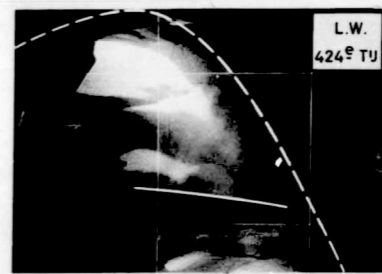
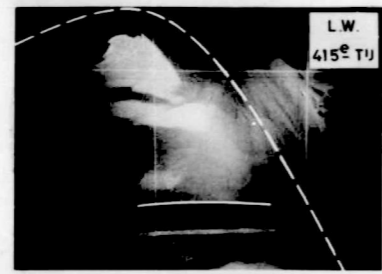
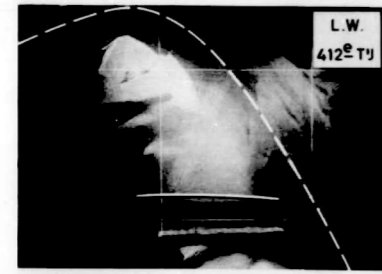
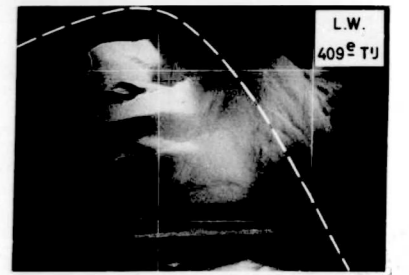
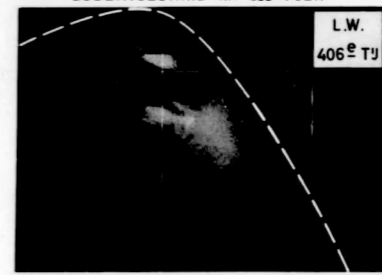
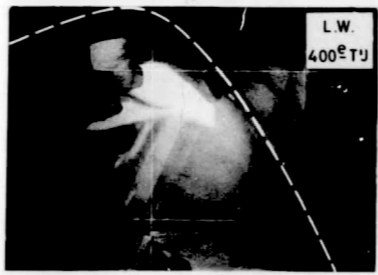
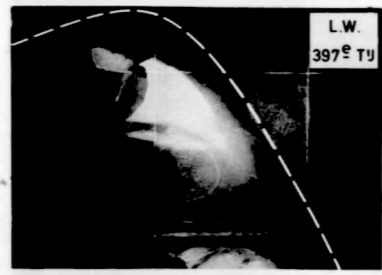
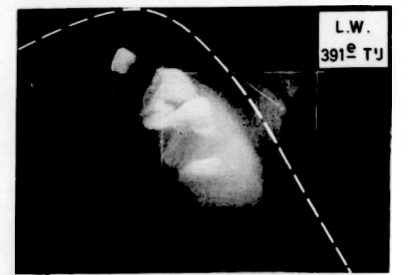
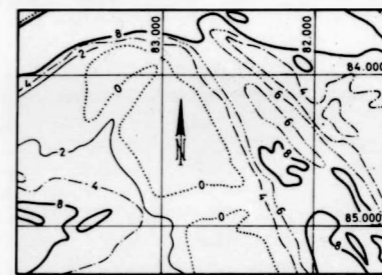
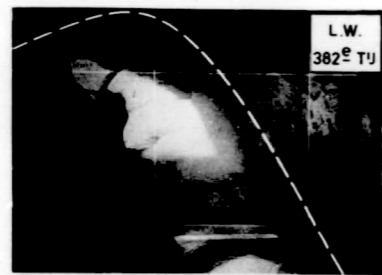
Ned rechth. coördinaten

SCHAAL  
0 500 1000 1500 m

EVOLUTIE PLATEN EN  
GEUDENSTELSEL BATH  
\_FOTOOPNAMEN BIJ L.W.\_

MOD. 119

Bijlage 12  
3<sup>e</sup> vervolg



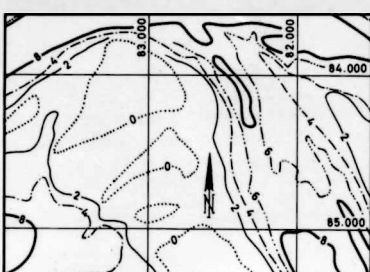
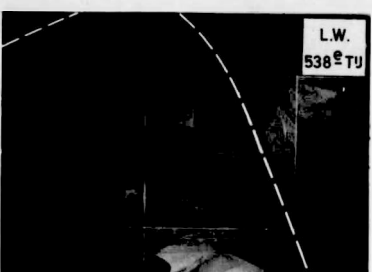
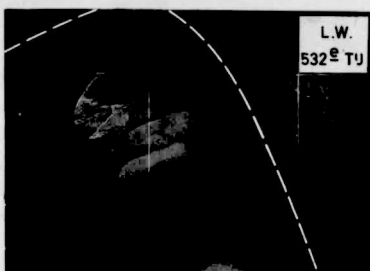
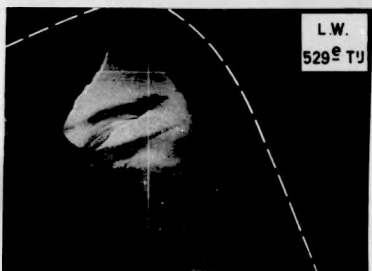
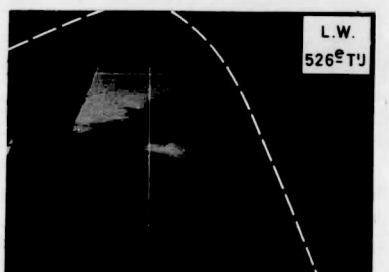
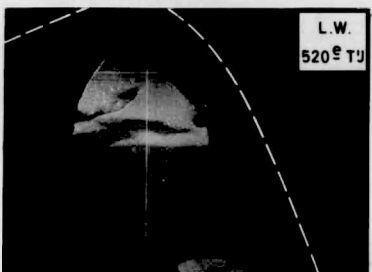
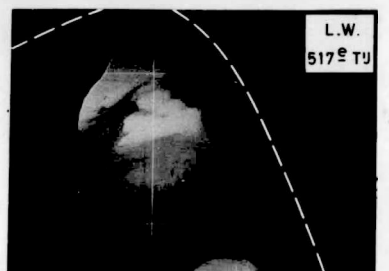
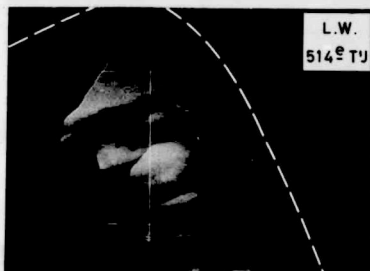
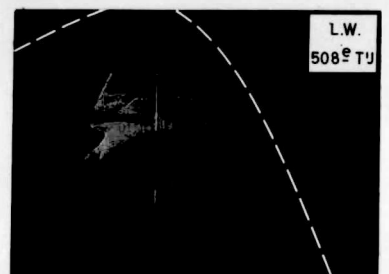
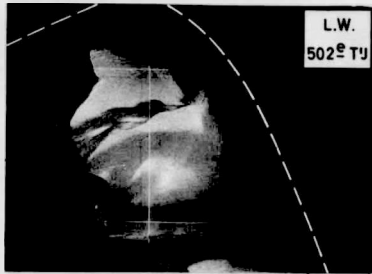
64.015

SCHAAL  
 0 500 1000 1500 m

EVOLUTIE PLATEN EN  
 GEULENSTELSEL BATH  
 \_FOTOOPNAMEN BIJ L.W.\_

MOD. 119

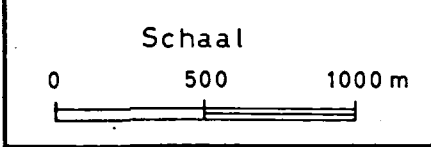
Bijlage 12  
 4<sup>e</sup> vervolg



BODEMTOESTAND NA 540 TJEEN

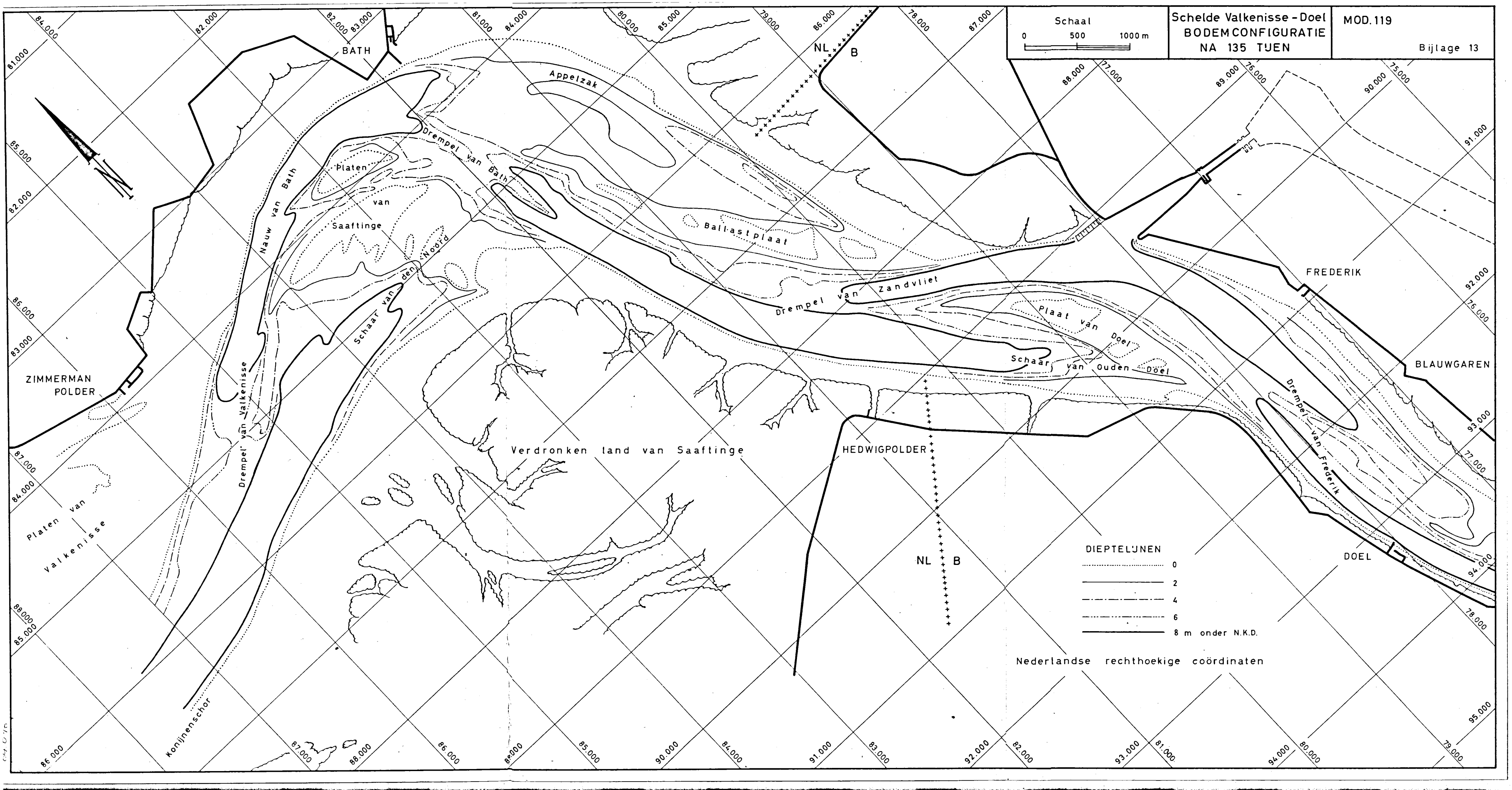
Dieptelijnen in m t.o.v. N.K.D.  
 Gem. L.W. Bath = +0,35 m t.o.v. N.K.D.  
 Ned. rechth. coördinaten

64.027



Schelde Valkenisse - Doel  
BODEMCONFIGURATIE  
NA 135 TUEN

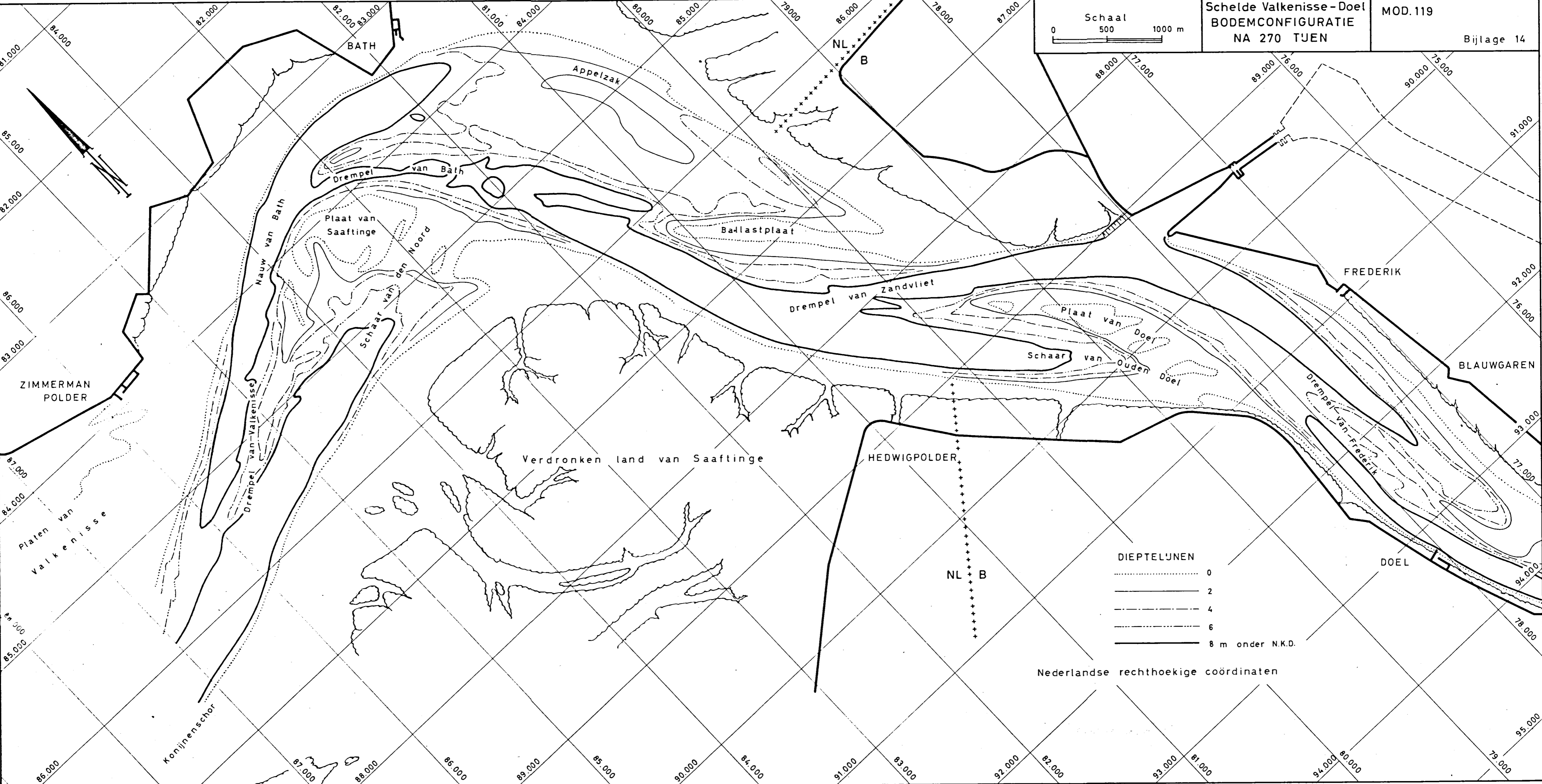
MOD.119  
Bijlage 13



DIEPTELIJNEN

.....	0
————	2
- - - - -	4
.....	6
————	8 m onder N.K.D.

Nederlandsse rechthoekige coördinaten



DIEPTELIJNEN

.....	0
————	2
- - - - -	4
· · · · ·	6
—————	8 m onder N.K.D.

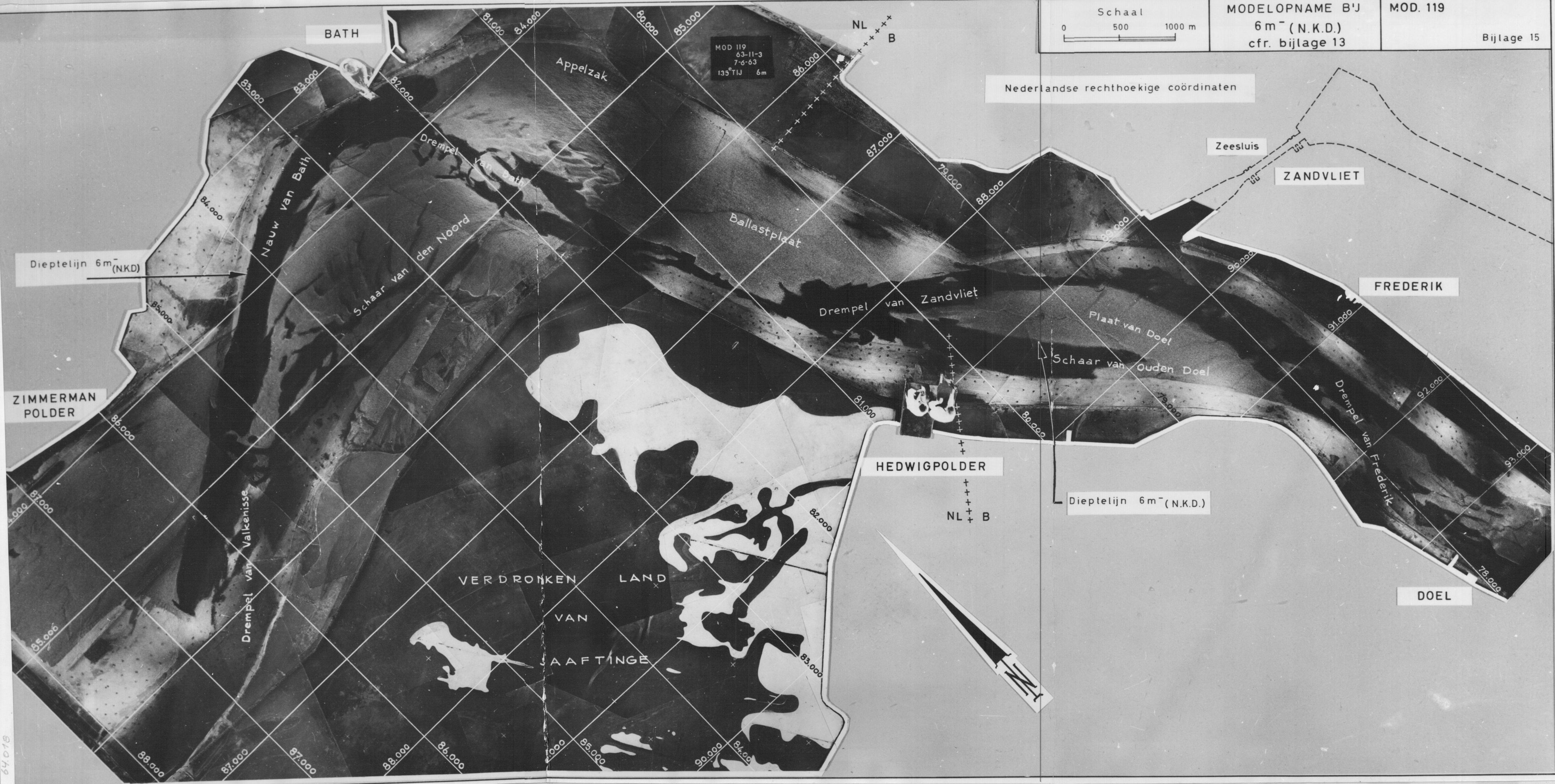
Nederlandsse rechthoekige coördinaten

Schaal  
0 500 1000 m

MODELOPNAME B'J  
6 m<sup>-</sup> (N.K.D.)  
cfr. bijlage 13

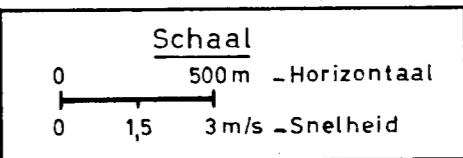
MOD. 119  
Bijlage 15

MOD 119  
63-11-3  
7-6-63  
133° TIJ 6m



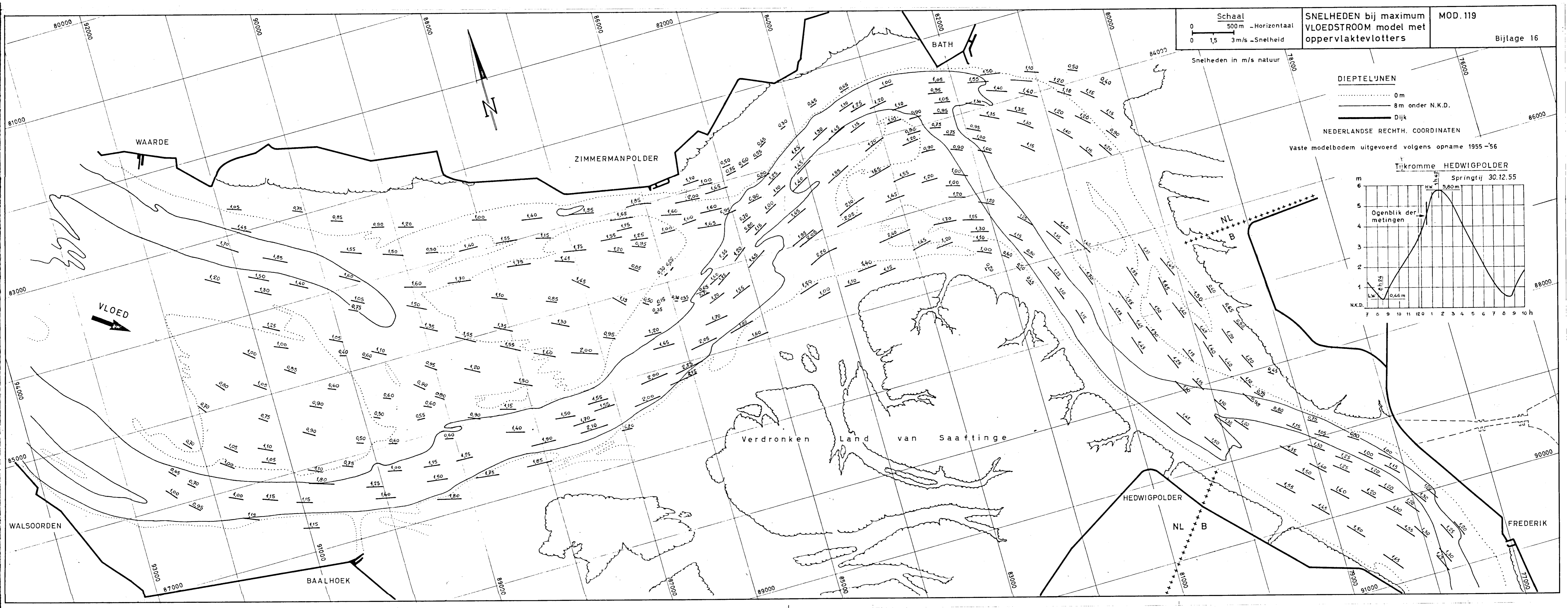
64.016





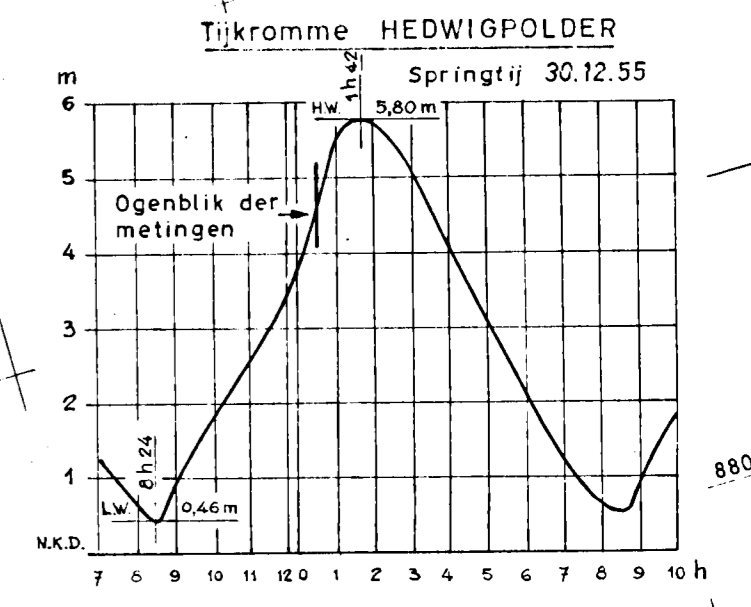
SNELHEDEN bij maximum  
 VLOEDSTROOM model met  
 oppervlaktevlotters

MOD.119  
 Bijlage 16



DIEPTELIJNEN  
 ..... 0 m  
 ——— 8 m onder N.K.D.  
 ——— Dijk

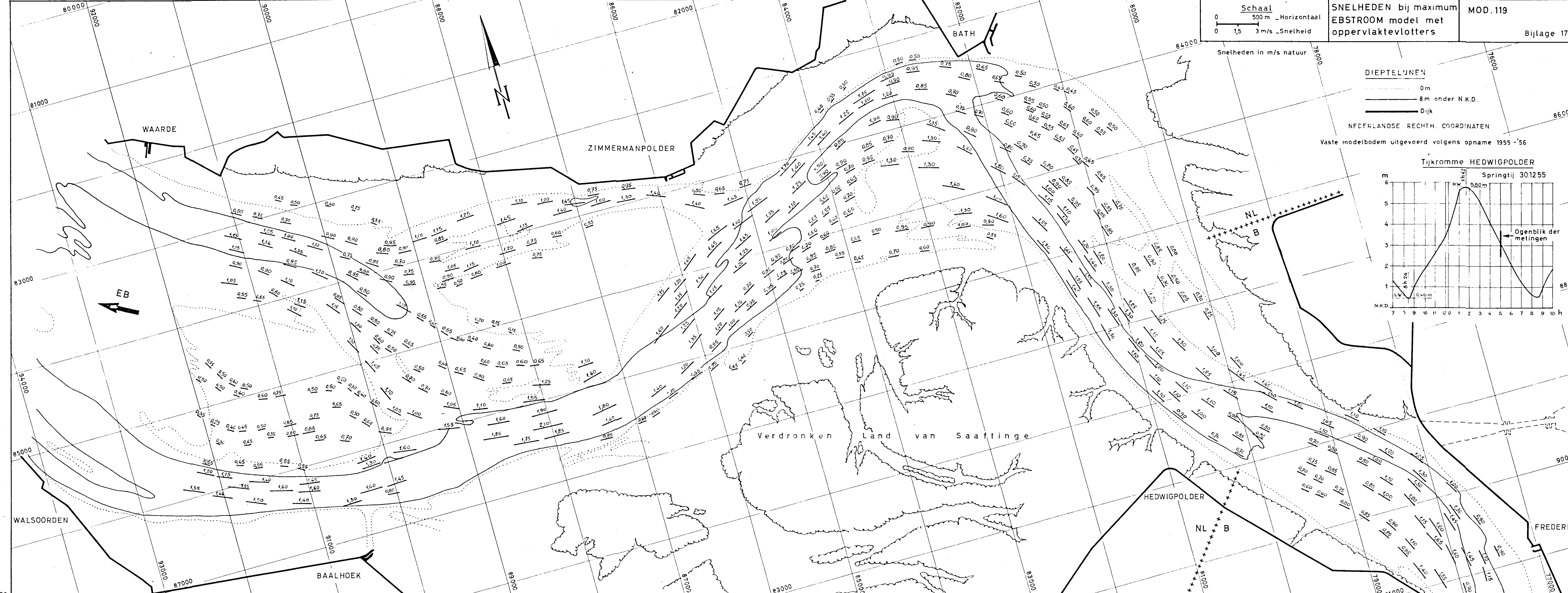
NEDERLANDSE RECHTH. COORDINATEN  
 Vaste modelbodem uitgevoerd volgens opname 1955-56



Schaal  
 0 500 m \_Horizontaal  
 0 1,5 3 m/s \_Snelheid

SNELHEDEN bij maximum  
 EBSTROOM model met  
 oppervlaktevlotters

MOD. 119  
 Bijlage 17



**DIPTELIJNEN**  
 - - - - - 0 m  
 ——— 8 m onder N.K.D.  
 ——— Dijk

NEDERLANDSE RECHT. COÖRDINATEN  
 Vaste modelbodem uitgevoerd volgens opname 1955-'56

