

AFGEHANDELD

opdrachtgever:

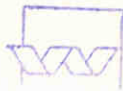
Rijkswaterstaat Directie Zuid-holland
Rijkswaterstaat Dienst Getijdewateren

Opzet en Afregeling Waqua Model Seiches Europoort

1	geheim
2	niet ter inzage derden
3	niet ter inzage derden gedurende 10 jaar
4	openbaar

projektverslag

oktober 1989



bibliotheek
postbus 177 - 2600 MH Delft

waterloopkundig laboratorium | WL

Opzet en Afregeling Waqua Model Seiches Europoort

H. W. J. Kernkamp



waterloopkundig laboratorium | WL

Inhoudsopgave

	pag.
Lijst van figuren.....	ii
Lijst van tabellen.....	iv
<u>1</u> <u>Inleiding</u>	1
1.1 Doel van de studie.....	1
1.2 Keuze rekenprogramma.....	1
1.3 Omschrijving projectopdracht.....	1
1.4 Schets van modelopzet.....	2
1.5 Projectuitvoering.....	3
<u>2</u> <u>Opzet van het model</u>	4
2.1 Keuze van de grenzen.....	4
2.2 Kromlijng rekenrooster.....	4
2.3 Dieptegegevens.....	5
2.4 Overige model-aankleding.....	7
2.5 Randvoorwaarden.....	9
<u>3</u> <u>Berekeningen</u>	12
3.1 Basis-afregel-berekening.....	12
3.2 Overige afregel-berekeningen.....	15
3.2.1 Berekeningen met variatie van de bodemwrijving.....	15
3.2.2 Twee alternatieve randvoorwaarden op de Waterweg.....	16
3.3 Simulatie van het afsluiten van een stormstuw.....	17
<u>4</u> <u>Conclusies en aanbevelingen</u>	18

Litteratuur

20

Figuren

Lijst van figuren

- Figuur 1 overzichtskaart interesse-gebied
- Figuur 2 landgrens en SEUR-rekengrens
- Figuur 3 landgrens en SEUR-rekengrens (vergroting westelijk deel)
- Figuur 4 landgrens en SEUR-rekengrens (vergroting oostelijk deel)
- Figuur 5 SEUR-rekenrooster
- Figuur 6 deelgebieden PHAROS-lodingsgegevens
- Figuur 7 SEUR-diepteschematisatie
- Figuur 8 drie diepteraaien van SEUR en natuur
- Figuur 9 landgrens Breediep en SEUR-schematisatie Breediep
- Figuur 10 lokatie en oppervlakte debietbepalende raai Breediep
- Figuur 11 positie afregelstations
- Figuur 12 positie debietraaien, aandrijfgrenzen, blokkendammen
- Figuur 13 snelheidsveld opc SNW 33 uur
- Figuur 14 snelheidsveld opc SNW 35 uur
- Figuur 15 snelheidsveld opc SNW 37 uur
- Figuur 16 isolijnen waterstand opc SNW 33 uur
- Figuur 17 isolijnen waterstand opc SNW 35 uur
- Figuur 18 isolijnen waterstand opc SNW 38 uur
- Figuur 19 snelheidsveld NMW-model 33 uur
- Figuur 20 snelheidsveld NMW-model 35 uur
- Figuur 21 snelheidsveld NMW-model 38 uur
- Figuur 22 tijdserie opc SNW Maasmond
- Figuur 23 tijdserie opc SNW km 1021
- Figuur 24 tijdserie opc SNW km 1026
- Figuur 25 tijdserie opc SNW km 1026 (debiet)
- Figuur 26 tijdserie opc SNW Pilot Maas
- Figuur 27 tijdserie opc SNW Rozenburgsesluis
- Figuur 28 tijdserie opc SN6 km 1021
- Figuur 29 tijdserie opc SN7 km 1021
- Figuur 30 tijdserie opc SN9 km 1021
- Figuur 31 tijdserie opc SN9 km 1026
- Figuur 32 tijdserie opc SN9 km 1026 (debiet)
- Figuur 33 tijdserie opc SN9 Pilot Maas
- Figuur 34 tijdserie opc SN9 Rozenburgsesluis
- Figuur 35 tijdserie opc SW3 km 1021
- Figuur 36 tijdserie opc SW3 km 1026

- Figuur 37 tijdserie opc SE3 km 1026 (debiet)
- Figuur 38 tijdserie opc SE3 Pilot Maas
- Figuur 39 tijdserie opc SE3 Rozenburgsesluis
- Figuur 40 tijdserie opc SW2 km 1021
- Figuur 41 tijdserie opc SW2 km 1026
- Figuur 42 tijdserie opc SW2 km 1026 (debiet)
- Figuur 43 tijdserie opc SW2 Pilot Maas
- Figuur 44 tijdserie opc SW2 Rozenburgsesluis
- Figuur 45 snelheidsveld opc SW2 45 uur
- Figuur 46 snelheidsveld opc SW2 47 uur

Lijst van tabellen

Tabel 1: Coördinatenparen aandrijfzanden

Tabel 2: Overzicht gemaakte berekeningen

1 Inleiding

1.1 Doel van de studie

Voor het beoordelen van voorstellen tot het bouwen van een stormvloedkering in de Rotterdamse Waterweg is het nodig inzicht te hebben in de mate waarin de resonantie-gevoeligheid van het havengebied wordt beïnvloed door een afgesloten stuw. Tevens is het zinvol de invloed vast te stellen van een eenmalige verstoring (translatiegolf) die ontstaat bij het sluiten van de kering.

De thans voorgestelde studie is een vervolg op eerdere door RWS-DGW/DBW-RIZA/LV verrichte studies naar de invloed van een stormstuw op de golfbewegingen in het Europoortgebied. [de Ronde, 1], [Veldman, 2]., [Bijlsma, 3], [Vogel, 4]

1.2 Keuze rekenprogramma

Een geëigend instrument voor het onderzoeken van oscillaties in havens is het frequentie-domeinprogramma PHAROS. [Kostense, 5]. Het is echter niet eenvoudig hiermede dynamische verschijnselen zoals een sluiting van de dam te simuleren. Het tijdsdomeinprogramma WAQUA [Stelling, 6] is hiervoor beter geschikt en kan eveneens met succes voor havenresonantie-berekeningen worden toegepast. [Kernkamp, 7].

Er is gebruik gemaakt van de kromlijnige versie van het WAQUA-programma, zodat de randen van het Europoortgebied en de Rotterdamse Waterweg op een zo natuurlijk mogelijke wijze gerepresenteerd kunnen worden. De voor resonantie-onderzoek noodzakelijke zwak-reflecterende randvoorwaarde is in dit programma geïmplementeerd. [Mooiman, 8].

1.3 Omschrijving projectopdracht

De WL-bijdrage aan de uitvoering van de in 1.1 genoemde studie bestaat uit het maken van een WAQUA-modelweergave van het Europoort-gebied en de Rotterdamse Waterweg en het afregelen van dit model. Het WAQUA-model zal in het vervolg het SEUR-model worden genoemd, naar Seiches EURopoort.

1.4 Schets van modelopzet

Het kromlijnige rooster is met het roostergeneratie-programma TELMAC [,9] gegenereerd, op basis van de grenzen die ontleend zijn aan de representatie van het havengebied welke in de PHAROS-berekeningen is gebruikt. Met het interpolatie- en transformatie-programma COTRIN [v. Etten, 10] zijn vervolgens dieptegegevens, die eveneens aan de PHAROS-studie zijn ontleend, op dit rooster geïnterpoleerd.

Het orthogonale, kromlijnige rooster is zo ontworpen dat er op zee aansluiting is met het RDII [Langerak, 11] en het NWM-model [Mooiman, Bijlsma, 8], waardoor randvoorwaarden eenvoudig geneest kunnen worden. De schematisatie zou een goed uitgangspunt kunnen zijn voor een 3-D model van het Rotterdamse havengebied. Doordat met TELMAC een verlopende gridafstand kan worden geïntroduceerd is aansluiting met andere bestaande en nog te ontwikkelen modellen eenvoudig te realiseren. (Te denken valt aan een 3-D model van het Noordelijk Delta Bekken van de directie Benedenrivieren van Rijkswaterstaat).

De modelafregeling is beoordeeld aan de hand van de golfvoortplantings-eigenschappen van een getijgolf in de Rotterdamse Waterweg. De randvoorwaarden op zee en in de Rotterdamse Waterweg (km 1021) zijn in eerste instantie ontleend aan resultaten die met het NWM-model zijn verkregen. Omdat er in de NWM-berekening van het astronomisch getij een beperkte tijdsperiode aan gegevens beschikbaar is, wordt er op zee gebruik gemaakt van zwak-reflecterende randen zodat de inspeeltijd minimaal is. De hier bedoelde NWM-berekening is op haar beurt geneest in het RDII-model. In de Rotterdamse Waterweg is het debiet van het NWM-model als uitgangspunt gekozen. Het NWM-model wordt in de Waterweg verder landinwaarts aangedreven door een debietrand die ontleend is aan het een-dimensionale ZWENDL-model voor inhomogene waterbeweging. [, 12]. Dit model is afgeregeld op golfvoortplanting van waterstanden die in de natuur gemeten zijn. Er zijn in het SEUR-model nog twee andere randvoorwaarden beoordeeld, nl. in de natuur gemeten waterstanden bij Maassluis en aan het NWM-model ontleende waterstanden.

1.3 Projectuitvoering

Van WL-zijde is het project uitgevoerd door ir. P. v/d Kuur (projectleider), ir. H.W.J.Kernkamp (rooster, afregeling, rapportage), ing. G. Hartsuiker (LV) en dhr. J. Wieten (LV), (beiden rooster- en modelschematizatie).

Van RWS-zijde werd DGW vertegenwoordigd door drs. J.A. Vogel, dhr. R. v. Dijk en dhr. J. Hoekema. BER werd tegenwoordigd door ir. M. v/d Linden. Berekeningen die nodig waren voor het verkrijgen van randvoorwaarden uit het NWM-model en het omvormen tot zwak-reflecterende randvoorwaarden zijn uitgevoerd door dhr. v. Dijk.

Gedurende het project is regelmatig overleg geweest met de opdrachtgevers, zodat de in de offerte vermelde schriftelijke tussenrapportages konden vervallen. Alle afspraken en van belang zijnde zaken zijn in de notulen van de betreffende vergaderingen opgenomen.

2 Opzet van het model

2.1 Keuze van de grenzen

Het gebied omvat twee voor een stormstuw in de Rotterdamse Waterweg voorgestelde locaties, bij kilometer 1022 en 1026.5. Het interessegebied bevindt zich aan de zeezijde van de kering. Voor een overzichtskaart zie Fig. 1.

Het model loopt in het Europoort-gebied door tot aan de Rozenburgsesluis. Op zee is de ligging van de grens zover uit de havenmond gekozen dat het zeegebied naar verwacht wordt de golfenergie in de haven voldoende kan uitstralen. De zeegrenzen hebben de oriëntatie van de gridlijnen in het NWM-model.

De Splitingsdam ter hoogte van het Beerkanaal (hoogte NAP + 3.5 m) en de scheidingsdam tussen Waterweg en Calandkanaal (hoogte NAP + 5.5 m) zijn niet als grenzen in het model aangebracht maar als droogvallende punten. In extreme situaties kunnen beide dammen overstromen.

Een plot van de in het PHAROS-model gebruikte grenzen en de WAQUA-grenzen is opgenomen in Fig. 2. Vergrotingen zie Fig 3. en Fig 4.

2.1 Kromlijinig rekenrooster

Een eis die aan de in het WAQUA-programma gebruikte kromlijnige roosters gesteld wordt is dat zij orthogonaal moeten zijn. Dit betekent dat gridlijnen elkaar loodrecht snijden. Ook de hoeken die de randen van het model met elkaar maken moeten daardoor haaks zijn. Natuurlijke topografieën voldoen in het algemeen niet aan deze eis. De modelrand kan hierdoor de natuurlijke rand in het algemeen niet exact volgen.

In Fig. 5 is het gerealiseerde rekenrooster geplot. De gridlijnen in de Rotterdamse Waterweg en het Calandkanaal zijn zo gekozen dat de dam ertussen met twee droge punten kan worden weergegeven. De gridlijnen lopen evenwijdig aan de Noorderdam zodat het bodemprofiel daar goed kan worden benaderd.

In de Rotterdamse Waterweg en het Calandkanaal hebben de gridcellen afmetingen van 60 m bij 200 m. Golven met een periode van 320 s worden in de Waterweg met 20 punten per golflengte weergegeven. In het Calandkanaal worden golven van deze periode met 24 punten per golflengte weergegeven. In breedterichting wordt het bodemprofiel met vijf cellen weergegeven.

Op zee zijn de grootste gridcellen 400 m bij 400 m. Dit sluit aan bij de gridgrootte van het NWM-model. Een golf met een periode van 800 s wordt met 20 punten per golflengte beschreven.

Rond het Breediep is het grid verdicht om zo het juiste doorstroomoppervlak in de opening te verkrijgen.

In de Europahaven is het grid verfijnd vanwege de daar geringe diepte.

Het rooster kan als deelrooster van een groter model worden gebruikt, mits het aan te koppelen rooster bij km 1021 vijf cellen in dwarsrichting heeft.

2.3 Dieptegegevens

De dieptegegevens zijn deels ontleend aan de lodingenfile (in Parijse coördinaten) die ook in het PHAROS-model is gebruikt, deels aan de IDP-data van het NWM-model. (IDP = Input Data Processor, bevat alle model- en randvoorwaardeafhankelijke gegevens die voor een WAQUA-berekening nodig zijn). De lodingenfile bevat zeer veel punten, ca 10000. Om de hoeveelheid data te reduceren is het gebied verdeeld in vier stukken die qua oppervlak ongeveer even groot zijn. De vier gebieden zijn in Fig. 6 aangegeven. Gebied 2 en 3 zijn vervolgens met een factor 2 uitgedund. Hierna bevatten de gebieden 1-4 respectievelijk 1239, 2105, 1834 en 1630 punten.

Dieptegegevens van het zee-gebied komen uit de IDP van het NWM-model. De waardes zijn uit de IDP ingelezen en x- en y-posities zijn daarbij berekend via een transformatie van N,M waardes uit de IDP naar Parijse coördinaten. Om 'vervuiling' van de PHAROS-gegevens met de minder nauwkeurige NWM-gegevens op een overlappend stuk te voorkomen, zijn de NWM-punten met een grafische terminal bewerkt en weggesneden langs de PHAROS-grens.

Na interpolatie van de aldus samengestelde diepte-file op het rooster van het SEUR-model zijn de dieptewaardes in de tabel met IDP-dieptecijfers op een aantal plaatsen met de hand gewijzigd. Het gaat hier om:

- het zich van km 1021 tot km 1020 uitstreckende stuk Waterweg dat buiten de lodingen-file valt,
- de rand van de lodingen-file op zee die om onduidelijke redenen met ondiepe waardes omzoomd is,
- enige punten langs randen die na interpolatie nul waren gebleven,
- alle punten op de overstroombare dammen.

Een isolijnen-plot van de dieptes is opgenomen in Fig. 7. Een A0-plot van de bodemschematisatie is bij DGW beschikbaar.

Op drie posities over de breedte van het Calandkanaal en de Rotterdamse Waterweg zijn raaien van IDP-dieptes en raaien uit de oorspronkelijke diepte-file geplot, zie Fig. 8. Deze laatsten zijn verkregen na interpolatie over de raaien in de oorspronkelijke diepte-file. Op droge punten kan uiteraard niet gepeild worden. Op de beide natte delen wordt het bodemprofiel in de SEUR-IDP goed weergegeven. De posities van de drie raaien zijn in Fig. 7 gemarkeerd.

Een isolijnen-plot van het gebied rond het Breediep is op groot formaat geplot en bij DGW beschikbaar. In Fig. 9 is op snijpunten van gridlijnen, dit zijn dieptepunten, aangegeven met kruisjes waar de punten op NAP +5.5 m, resp. NAP + 3.5 m zijn gezet om de beide dammen droog te zetten.

In Fig. 10 is het profiel getekend dat bepalend is voor het debiet in het Breediep. Het oppervlak van het dwarsprofiel onder NAP, bedraagt 353.5 m^2 . (De breedte op NAP is 78 m).

In het SEUR-model is de breedte van de geul in de doorstroomrichting (v-richting) 1 gridcel groot, 68.9 m. Het v-snelheidspunt in de geul wordt door twee dieptepunten omgeven. Hun gemiddelde diepte moet 5.13 m worden opdat een even groot doorstroomoppervlak ontstaat als in de werkelijkheid. De diepte van van het punt ten oosten van de geul is - 5.5 m. Dit is een negatieve waarde omdat de Scheidingsdam boven het water uitsteekt en in het model overstroombaar moet blijven. De dieptewaarde van het punt ten westen van de geul moet dus 13.66 m. worden. De breedte van de geul is beperkt tot een gridcel door het aanbrengen van een schotje zoals in Fig. 9 eveneens is getekend.

2.4 Overige modelaankleding

Stations

In het model zijn op 42 posities stations geplaatst waar berekende waterstanden en u- en v-snelheden worden opgenomen. Zie Figuur 11.

De huidige berekeningsresultaten zullen worden gepresenteerd in 14 van deze 42 stations.

Hun posities zijn met dikke stippen met naamgeving erbij in Fig. 11 aangegeven. In een aantal stations zullen gegevens van berekeningen met ZWENDL en NWM of natuurmetingen aan de tijdplots worden toegevoegd.

Er zijn drie debiet-meetraaien op de drie zeegrenzen gelegd. Tevens zijn er twee debiet-meetraaien in de Rotterdamse Waterweg en het Calandkanaal gelegd, op km 1026 en km 1031. In de keel van het Beerkanaal en in de Maasmond, over het station Maasmond, zijn eveneens debiet-meetraaien aangebracht. Zie Fig. 12.

Bodemwrijving

De standaard Manning-waarde voor het gehele gebied is op $0.027 \text{ s/m}^{1/3}$ gezet. Hiermee wordt de Chezy-waarde in de Waterweg bij vloed $59.5 \sqrt{\text{m/s}}$ en bij eb $58.5 \sqrt{\text{m/s}}$. (De invloed van variatie van de bodemwrijvingsparameter zal klein blijken).

De Noorderpier is vanaf het einde van de Splitsingsdam doorlatend voor relatief lange golven. Het stromingsbeeld wordt ter plaats nog beïnvloed door een verhoogde ruwheid in een richting loodrecht op de pier. De Chezy-waarde in die richting, is vastgesteld op $20 \sqrt{\text{m/s}}$, zodat de Manning waarde $0.073 \text{ s/m}^{1/3}$ is op het 10 m diepe stuk en $0.065 \text{ s/m}^{1/3}$ op het 5 m diepe deel.

De blokkendam aan de zuidkant van de Maasmond heeft een Manning coëfficiënt van $0.070 \text{ s/m}^{1/3}$, zowel in de u- als v-richting. Zie Fig. 12. De geul in het Breediep heeft een op een grintbodem aangepaste ruwheid gekregen, waarbij in de empirische formule $C = 18 * \log \frac{\text{waterdiepte}}{\text{grenslaagdikte}}$, gebruik is gemaakt van een

geschatte grenslaagdikte van 10 cm. Bij een diepte van 5.13 m wordt $C = 30.8$ $\sqrt{m/s}$ en Manning = $0.042 \text{ s/m}^{1/3}$.

Dammen, permanent droge punten

Op een aantal plaatsen zijn in het model dammen of droge punten opgenomen, waar dit nodig is om de kustlijn goed te volgen. Zie Fig. 2 en 3

Schotjes

De debietrand op de Rotterdamse Waterweg loopt niet over de volle breedte omdat de snelheden bij de oevers in de cellen met geringe diepte aanleiding tot instabiele berekeningen kunnen geven. Met twee u-schotjes loodrecht op de geul-richting, in de punten 112,55 en 112,59 worden deze cellen uit de debietrand gehaald. Hierdoor worden de snelheden op dit station (kml021) iets hoger dan in de overige Rotterdamse Waterweg.

De Noorderdam is met v-schotjes van 29,59 tot 38,59 dichtgezet. De Berghaven bij Pilot Maas heeft twee v-schotjes op de coördinaatpunten 56,59 en 59,59.

De Scheurhaven op het einde van de Scheidingsdam heeft een v-schotje op 77,59 en 78,59. Zie Fig. 9

De geul van het Breediep is een cel breed gemaakt met een v-schotje op 63,54. Zie eveneens Fig. 9 .

Lokatie aandrijfzanden

De drie randen op zee zijn ieder verdeeld in twee stukken. Zie Fig 12 . De coördinatenparen van begin- en eindpunten zijn opgenomen in Tabel 1.

Tabel 1: Coördinatenparen aandrijfzanden

	grensnr	opening uiteinde A	opening uiteinde B
Noord:	1	47,74	18,74
	2	18,74	2,74
West:	3	1,74	1,60
	4	1,60	1,34
Zuid:	5	2,33	9,33
	6	9,33	15,33
Waterweg:	7	112,56	112,58

Initiële waarden, constanten

Geen wind

initieel waterniveau (SEINV) nul m

viscositeitsparameter (VISDEF) $10 \text{ m}^2/\text{s}$

initiële randvoorwaardenniveaus nul m/s

dichtheid water (DWAT) $1023 \text{ kg}/\text{m}^3$

breedtegraad (ANGLAT) 52.5°

2.5 Randvoorwaarden

Op de Rotterdamse Waterweg (rivierrand) is de uit het NWM-model aangeleverde debietrand gebruikt, die door drie is gedeeld omdat in de IDP per cel gebruik wordt gemaakt van het opgegeven debiet. (Deze rand is in het SEUR model drie cellen breed).

Op zee zijn zwak-reflecterende randen gebruikt, dit zijn randen waarbij de ingaande Riemann-invarianten worden voorgeschreven, terwijl de uitgaande Riemann-invarianten vrij worden gelaten. Deze randvoorwaarden zijn geneest uit een berekening van het harmonische getij met het NWM-model. Omdat de nest-procedure tamelijk bewerkelijk is, zijn alle getij-berekeningen met het SEUR-model met dezelfde serie zee-randvoorwaarden gemaakt.

De ingaande Riemann-invariant heeft de volgende vorm:

$$f(t) = u + 2 \sqrt{g \cdot (h_0 + z)},$$

met: g = gravitatieversnelling ($\frac{m}{s^2}$),

u = snelheid (m/s)

h_0 = initiële waterdiepte (m)

z = uitwijking wateroppervlak (m)

In het model waaruit geneest wordt, moeten (per grens op het begin en eindpunt A en B) twee tijdsafhankelijke gegevens u en z worden opgeslagen en samen met de diepte h worden samengesteld tot de functie $f(t)$, die aan het geneste model wordt doorgegeven.

Over de lengte van een grens in dit geneste model wordt de functiewaarde op iedere cel verkregen door lineaire interpolatie van de waardes $f(t)$ die op de grensuiteinden A en B worden voorgeschreven.

Bij bodemrelief ontstaat bij deze werkwijze het probleem dat de dieptewaardes die afwijken van lineair tussen A en B verlopende dieptewaarden, als stoorsig-naal op $f(t)$ gaan werken.

Dit probleem kan worden omzeild door niet $f(t)$ maar u en z uit het grote model in te lezen en die met de op iedere gridcel geldende h_0 in het rekenprogramma samen te stellen tot $f(t)$. In dit geval:

$$f(t) = u_{NWM} + 2 \sqrt{g \cdot (h_{0 \text{ SEUR}} + z_{NWM})}$$

Omdat de IDP niet is ingericht op het per grens doorgeven van twee verschillende gegevens per tijdstap, is $f(t)$ nu ontwikkeld naar z .

$$f(t) = 2\sqrt{gh_0} + u + z \cdot \sqrt{g/h_0}$$

De nulde orde term waarin h voorkomt is tijdsafhankelijk en hoeft dus niet uit het grote model te worden doorgegeven, zodat de in het geneste model geldende waarde kan worden gebruikt. In de eerste orde term wordt een klein foutje gemaakt als daar de diepte van het grote model wordt gebruikt maar dan kan het tijdsafhankelijke deel wel tot één gegeven worden omgerekend.

Als aandrijvende functie $f(t)$ wordt in het SEUR-model dus gebruikt:

$$f(t) = 2\sqrt{gh_0} \text{ SEUR} + (u_{\text{NWM}} + z_{\text{NWM}} \cdot \sqrt{(g/h_0 \text{ NWM})})$$

Een extreme fout wordt gemaakt op de plaats waar de 72-voets geul de westrand snijdt: de dieptes bij A en B aan weerszijden van het betreffende grensdeel zijn 18.5 m. In de geul is het 25.8 m diep. Bij $z = 1$ m en $u = 1$ m is daar de Riemann-invariant $f(t) = 33.42$ m/s.

Bij de oorspronkelijke formulering is $f(t) = 28.66$ m/s; bij de huidige gelijneariseerde formulering is $f(t) = 33.54$ m/s. De gecombineerde fout van waterstand in m en snelheid in m/s komt op 0.12 m/s uit.

Voor een verdere foutenanalyse wordt verwezen naar [v. Kester, 13].

3 Afregelberekeningen

3.1 Basisberekening

De basisberekening loopt over een periode van 48 uur op 4-5 sept 1975 met randvoorwaarden zoals in par. 2.5 beschreven.

Er is daarbij steeds gebruik gemaakt van:

tijdstep	2.5	minuten
starttijd berekening	730	" "
stoptijd berekening	2870	" "
tijdsinterval randvoorwaarden	5	" "
tijdsinterval history-file	5	" "
tijdsinterval map-file	60	" "
starttijd mapfile	1440	" "
eindtijd mapfile	2880	" "
tijdsinterval restart-file	120	" "
tijdsinterval berekening van Chezy-coëfficiënten	30	" "

Van de basis-berekening en alle andere berekeningen met getij zijn tijdseries in de 14 afregel-stations (zie Fig. 11) gemaakt. Gegevens van de berekeningen die over dezelfde periode met het ZWENDL-model zijn gemaakt, zijn in de stations Pilot Maas, kml026 en kml021 ingeplot. De NWM-gegevens zijn ook in diezelfde stations geplot en daarnaast ook in het station Maasmond en Rozenburgsesluis. Natuurmetingen zijn in Pilot Maas, Rozenburgsesluis en kml021 geplot, hoewel die laatsten eigenlijk op km 1018.5 thuishoren. De fasesprong is echter nog geen vier minuten, zodat dit verantwoord wordt geacht.

Vectorvelden en isolijnen van waterstanden geplots zijn, voor de basisberekening en enkele andere berekeningen met getij zijn op 33, 35 en 38 uur. Dit zijn tijdstippen rond eb, kentering en vloed in Hoek v. Holland.

Bespreking rekenresultaat

In Fig 13 tot 18 zijn de vectorvelden en isolijnen van waterstanden op resp. 33, 35 en 38 uur van het SEUR-model geplot. De stromingsrichtingen zijn steeds

praktisch evenwijdig aan de kust. Het vectorveld van de SEUR- basisberekening met opc SNW in Fig. 13 tot Fig. 15 stemt zowel in grootte als richting goed met dat van het NWM-model, Fig. 19, 20 en 21, overeen. Op de Noordgrens is dicht bij de kust een afwijking te constateren, vermoedelijk omdat de linearisatie van $f(t)$ daar niet meer nauwkeurig is door de grote z/h verhouding.

Het waterstands-sigitaal op zee wordt niettemin zeer goed gereproduceerd. Vergelijk in station Maasmond (zie Fig. 22) de doorgetrokken lijn van het SEUR-resultaat met NWM-resultaat. (de SEUR resultaten zijn in alle tijdplots met een doorgetrokken lijn weergegeven). Achtereenvolgens zijn in Fig. 23 - 27 de tijdseries van km 1021, km 1026, km 1026 (debiet), Pilot Maas en Rozenburgsesluis geplot. De waterstand op zee van het NWM-model vertoont een iets te grote agger ten opzichte van de natuurmetingen, zie station Pilot Maas, Fig. 26.

De inspeelduur van het bij zee gelegen station Maasmond is aanmerkelijk korter dan die van station kml021, bij de debietrand. De Riemann-randen geven blijkbaar een veel kortere inspeelduur dan 'harde randvoorwaarden'.

In het station Rozenburgsesluis (Fig. 27) is te zien dat, afgezien van een inspeelverstoring die langer aanhoudt dan die op zee, het NWM-sigitaal bijna volkomen wordt gevolgd. De waterstanden vertonen verder een goede overeenkomst met de metingen uit de natuur. Er kan geconcludeerd worden dat er nauwelijks mogelijkheid is aan het sigitaal in Rozenburgsesluis iets af te regelen anders dan door de waterstand op zee te veranderen. Deze conclusie zal door andere berekeningen bevestigd worden.

Bij station kml026 (Fig. 24) en nog sterker bij station kml021 (Fig. 23) vertoont het verloop van de waterstanden van van het SEUR-model tijdens de vloedperiode een te scherpe punt. Dit betekent dat het vloeddebiet in de Waterweg iets te vroeg wordt ingezet. In Fig 24, waar het debiet in station kml026 te zien is, is met name in de derde debietpiek goed te zien dat het vloeddebiet in SEUR en NWM t.o.v. de ZWENDL-berekening vroeg start. De piekhoogte van het vloed- debiet is in alle drie modellen nagenoeg gelijk maar de vloedstroom blijft bij ZWENDL aanmerkelijk langer aanhouden (ongeveer een uur). Een langer aanhoudende en dus minder steil verlopende vloedpiek zou de puntigheid in het waterstandsverloop rond de vloedpiek in het SEUR-model

wegnemen. Dat deze puntigheid in de NWM-berekening niet optreedt wordt veroorzaakt door de veel grotere komberging van het NWM-model. (Vergelijk de bij eenzelfde debiet in kml026 optredende snelheden van NWM en SEUR).

Door de vormgeving van de Waterweg in het NWM-model, die vanuit zee gezien eerst twee cellen breed is, om bij 1026 in een cel breed over te gaan, zakt het water na vloed in het smalle deel (kml021, Fig. 23) sneller dan in het brede deel (kml026, Fig 24).

Bij Rozenburgsesluis (Fig. 27) springen twee punten in de natuurmetingenreeks eruit. Deze liggen bij resp. 38 en 42 uur. Daar de waterstand bij Rozenburgsesluis wordt voorgeschreven door die op zee is het van belang te weten of deze uitschieters in b.v. Pilot Maas aanwezig zijn. Daar dit (Fig. 26) niet het geval blijkt, kunnen deze hoge amplitudes ook in Rozenburgsesluis niet optreden. In de berekening treedt enige versterking op van het signaal in de Rozenburgsesluis t.o.v. van dat bij Pilot Maas, zij het in iets minder sterke mate dan in de natuur. De berekening wordt echter aangedreven door een harmonisch getij, terwijl niet alle in de natuur toen voorkomende componenten bekend zijn, zodat er in werkelijkheid mogelijk enige resonantie aanwezig zou kunnen zijn. (Op corresponderende plaatsen 12 uur eerder treden de uitschieters bij Rozenburgsesluis overigens niet op).

Concluderend kan gezegd worden dat de waterstanden van de zee en het Europoort-gebied het NWM-model goed volgen. De nu gebruikte zee- randvoorwaarden vertonen een iets te grote agger. De waterstand in de Rotterdamse Waterweg vertoont een afgepunte vloedpiek, hetgeen aanleiding geeft tot het zoeken naar alternatieve randvoorwaarden op de Rotterdamse Waterweg.

Hieronder wordt in tabel 2 een overzicht gegeven van de gemaakte berekeningen, waaronder ook de berekeningen met alternatieve randvoorwaarden op de Rotterdamse Waterweg.

Tabel 2: Overzicht gemaakte berekeningen.

OPC	Soort randvoorwaarde op de Waterweg 1021	Mann. coeff. $s/m^{1/3}$	Doel	Opmerkingen
SNW	Debietrand uit NWM	0.027	Afregel	Zee-waterstanden volgen de waterstanden van het NWM-model goed. De waterstanden op de Waterweg hebben een smalle vloedpiek.
SN6	Debietrand uit NWM	0.025	Wrijvings- invloed	Er is nauwelijks verschil te zien
SN7	Debietrand uit NWM	0.029	Wrijvings- invloed	Er is nauwelijks verschil te zien
SN9	Waterstandstandsrand uit de natuur	0.027	Goede aan- sluiting op h-meting	Ebsnelheid volgens Zwendl. Vloed-snelheid lager dan Zwendl.
SW2	Debietrand uit NWM	0.027	Sluiten stuw bij 1026.5 rond vloedstroom	Berekening blijft stabiel, er worden oscillaties opgewekt.
SW3	Waterstandsrand uit NWM	0.027	gevoeligheid van de h-rand	Snelheden en debieten grofweg gehalveerd

3.2 Overige berekeningen

3.2.1 Berekeningen met variatie van de bodemwrijving

De basisberekening met opc SNW is nog eens met Manning $0.025 s/m^{1/3}$ en $0.029 s/m^{1/3}$ uitgevoerd, resp. opc SN6 en SN7. Zowel in amplitude als fase is het effect van deze verandering zeer gering. Bij km 1021, het rivierwaartse

uiteinde van de Rotterdamse Waterweg, zal het grootste verschil optreden. Zie Fig. 28 en Fig. 29. Het is een klein verschil.

3.2.2 Twee alternatieve randvoorwaarden op de Waterweg

De modelgevoeligheid voor veranderingen in de randvoorwaarde op de Waterweg is nagegaan aan de hand van de berekeningen met opc SN9 en SW3. Hierin zijn respectievelijk de in de natuur gemeten waterstand en de in het NWM-model berekende waterstand gebruikt. De natuur-waterstandsrand is verkregen door de uurgegevens van de bij Maassluis op 1018.5 gemeten waterstanden lineair te interpoleren naar waarden om de vijf minuten, zodat kan worden aangesloten op de tijdstap die voor de zeeranden is gebruikt.

De resultaten van beide berekeningen zijn opgenomen in Fig. 30 tot Fig. 34, resp. Fig. 35 tot Fig. 39 .

In beide berekeningen is de smalle punt in de vloedpiek van de waterstanden in de Rotterdamse Waterweg verdwenen. Het waterstandssignaal is bij Rozenburgse-sluis in beide berekeningen identiek en gelijk aan het NWM- signaal. Dit bevestigt de juistheid van de eerder getrokken conclusie dat de waterstand in het Europoortgebied afhangt van de waterstand op zee.

Was bij de basisberekening de vloedstroom van het SEUR-model ongeveer even groot als die van het ZWENDL-model en de ebstroom net iets kleiner, bij de berekening met de natuurwaterstandsrand is dit net andersom.

In Fig. 30 (SN9 kml021), is nog eens goed te zien dat de waterstanden van het NWM-model door de smalle Waterweg bij kml021 snel dalen zodra er enige ebstroom op gang komt. Dit is op het bredere deel, kml026, Fig. 31, niet meer zo sterk het geval.

Om diezelfde reden levert het gebruik van de NWM-waterstandsrand in het SEUR-model veel lagere snelheden zowel in de eb- als de vloedrichting op. Dat het NWM-model bij zulke kleine aandrijvende verhangtermen toch een redelijk debiet oplevert vindt zijn oorzaak weer in de grote gemiddelde breedte van haar Waterweg.

De voorkeur gaat uit naar het gebruik van de natuurwaterstandsrand omdat de debieten globaal met die van ZWENDL overeenstemmen en de smalle punt in de vloedpiek van de waterstanden nu verdwenen is. De waterstanden liggen nu tussen het NWM- en het ZWENDL-resultaat in.

Het is verder nog mogelijk de in het SEUR-model resulterende waterstandsrand bij Pilot Maas (HvH) als invoer in een ZWENDL berekening te gebruiken en het zo verkregen debiet bij kml021 in SEUR terug te voeren. Daarbij wordt er op vertrouwd dat ZWENDL de meest nauwkeurige berekening van de debieten geeft. Er wordt in het ZWENDL-model echter met kilometer-gemiddelde doorstroom- profielen gerekend, zodat er weinig winst in nauwkeurigheid verwacht mag worden.

Voor het berekenen van sluitingsscenario 's in de Rotterdamse Waterweg is het werken met de juiste snelheden van belang en is een goede aansluiting van de randvoorwaardes op zee bij die op de Waterweg noodzaak.

3.3 Simulatie van het afsluiten van een stormstuw

Bij kml026.5 is de Rotterdamse Waterweg in één tijdstap afgesloten d.m.v. een restart van berekening SN9 na 38.00 uur, tijdens de vloedstroom. Er ontstaat een translatiegolf met een hoogte van 2 m juist voor de kering die bij Pilot Maas als een golf met een hoogte van 1.2 m langskomt en in de Rozenburgsesluis meer dan 2 m hoog is. In het Europoortgebied is de verstoring na 10 uur nog goed merkbaar. Zie Fig. 40 - 44.

Fig. 45 en Fig. 46 laten zien hoe het stromingspatroon bij de Maasmond door het sluiten van de kering is veranderd. De tijdstippen zijn resp. 45 en 47 uur, in getijfase met de tijdstippen 33 en 35 uur van de andere vectorplots.

In Fig. 44 A is een met het NWM-model gesimuleerde sluiting van de kering weergegeven. [Bijlsma, 3]

4. Conclusies en aanbevelingen

De waterstand in het Europoortgebied wordt gestuurd door die bij Pilot Maas. In het SEUR-model wordt bij Pilot Maas de waterstand van het NWM-nestmodel goed gevolgd. Deze waterstand volgt de natuurmeting in amplitudes en fases redelijk goed, maar heeft een iets te grote agger.

De afregeling van het model d.m.v. het voortplantingsgedrag van een getijgolf in de Rotterdamse Waterweg spitst zich toe op de keuze van de rivier-randvoorwaarde bij km 1021. De zee-randvoorwaarde ligt vast door de gevolgde nest-procedure.

Er zijn drie rivier-randvoorwaarden onderzocht. De uit het NWM-model overgenomen debietrandvoorwaarde gaf een onrealistisch gevormde vloedpiek bij km 1021, hetgeen wordt veroorzaakt door de afwijkende schematisatie van de Rotterdamse Waterweg.

Bij toepassing van de uit het NWM-model verkregen waterstand bij km 1021 is de smalle punt in de vloedpiek verdwenen en stemmen de waterstanden in de rest van de Rotterdamse Waterweg redelijk met Zwendl- en NWM-resultaten overeen. De snelheden zijn dan echter nagenoeg gehalveerd.

Het beste resultaat is verkregen met het toepassen van een rivier-randvoorwaarde bestaand uit de natuurmetingen van waterstanden. Ebsnelheden zijn nu ongeveer gelijk aan die van Zwendl, vloedsnelheden iets lager. De waterstanden op de Rotterdamse Waterweg liggen tussen die van het Zwendl-model en die van het NWM-model in.

De bodemwrijving is in het Europoort-gebied van zeer kleine invloed. In de Waterweg is de invloed klein.

De invloed van een translatiegolf die is opgewekt door het plotseling tijdens kentering sluiten van de kering in de Rotterdamse Waterweg, blijft in het Europoortgebied langer dan 10 uur merkbaar.

De Riemann-randen zijn zeer effectief in het doen verdwijnen van stoorgolven op zee en verkorten de inspeelduur aanzienlijk.

De linearisatie van de Riemann-invariant geeft globaal genomen goede resultaten, maar wordt op ondiepe plaatsen aan de kust nauwkeurig.

Om een realistische simulatie van een sluiting van de kering te kunnen maken, moeten 'barriers' ook in het kromlijnige WAQUA geïmplementeerd worden.

Het SEUR-model zou aangesloten kunnen worden op een 2-D of 3-D model van het Noordelijk Deltabekken.

Literatuur

- 1 Ronde, J.G. de, (juni 1987)
Samenvatting resultaten studie waterbeweging en translatiegolven
aan de zeezijde van een kering in de Nieuwe Waterweg.
RWS/DGW, notitie GWAO-78-334.
- 2 Veldman, J.J. (september 1988)
Resonantiegevoeligheid Europoortgebied bij plaatsing stormstuw in
Rotterdamse Waterweg.
DELFT HYDRAULICS, projectverslag HK3624/H688.95
- 3 Bijlsma, A , Mooiman, J (juli 1987)
Berekeningen ten behoeve van de Stormvloedkering Nieuwe Waterweg.
brief EZ399/Z233.00 ann DBW-RIZA
- 4 Vogel, J.A. , Bouwmeester, E.C. (juli 1987)
Korte golven en seiches bij een kering.
Rijkswaterstaat, D.G.W., notitie GWAO-87.340
- 5 Kostense, J.K. , Meijer, K.L. , Dingemans, M.W. , Mynett, A.E. ,
van den Bosch, P. (november 1986)
Wave-energy dissipation in arbitrarily-shaped harbours of variable
depth.
DELFT HYDRAULICS, paper presented at 20th ICCE, Taipei
- 6 Stelling, G.S (december 1983)
On the construction of computational methods for shallow water flow
problems.
Thesis, T.U.D.
- 7 Kernkamp, H.W.J. (to appear)
Calculation of resonant wave-motions in harbours using the time-
domain programme WAQUA
DELFT HYDRAULICS, Report on investigations, Z222

- 8 Mooiman, J. (mei 1987)
Implementatie zwak-reflecterende randvoorwaarden in DELFLO
T.U.D. en DELFT HYDRAULICS, verslag onderzoek Z117
- 9 N.N. , (januari 1988)
Telmac Roostergeneratie programma-systeem
DELFT HYDRAULICS.
- 10 Etten, R.P. van (december 1986)
Cotrin handleiding
T.U.D. , DELFT HYDRAULICS, Report Z0011
- 11 Langerak, A, de Ras, M.A.M, Leendertse, J.J. (1987)
Adjustment and verification of the Randdelta II model
16 th International Conference on Coastal Engineering.
- 12 N.N. , (juni 1985)
De numerieke aspecten van het model Zwendl
RWS Dir. Waterhuishouding en waterbeweging, distr Zuid-West
nota 11.004.12
- 13 Kester , J.A.T.M. van (augustus 1988)
Foutafschatting bij ruimte-discretisatie van de gelineariseerde
Riemann-invariant
private communications

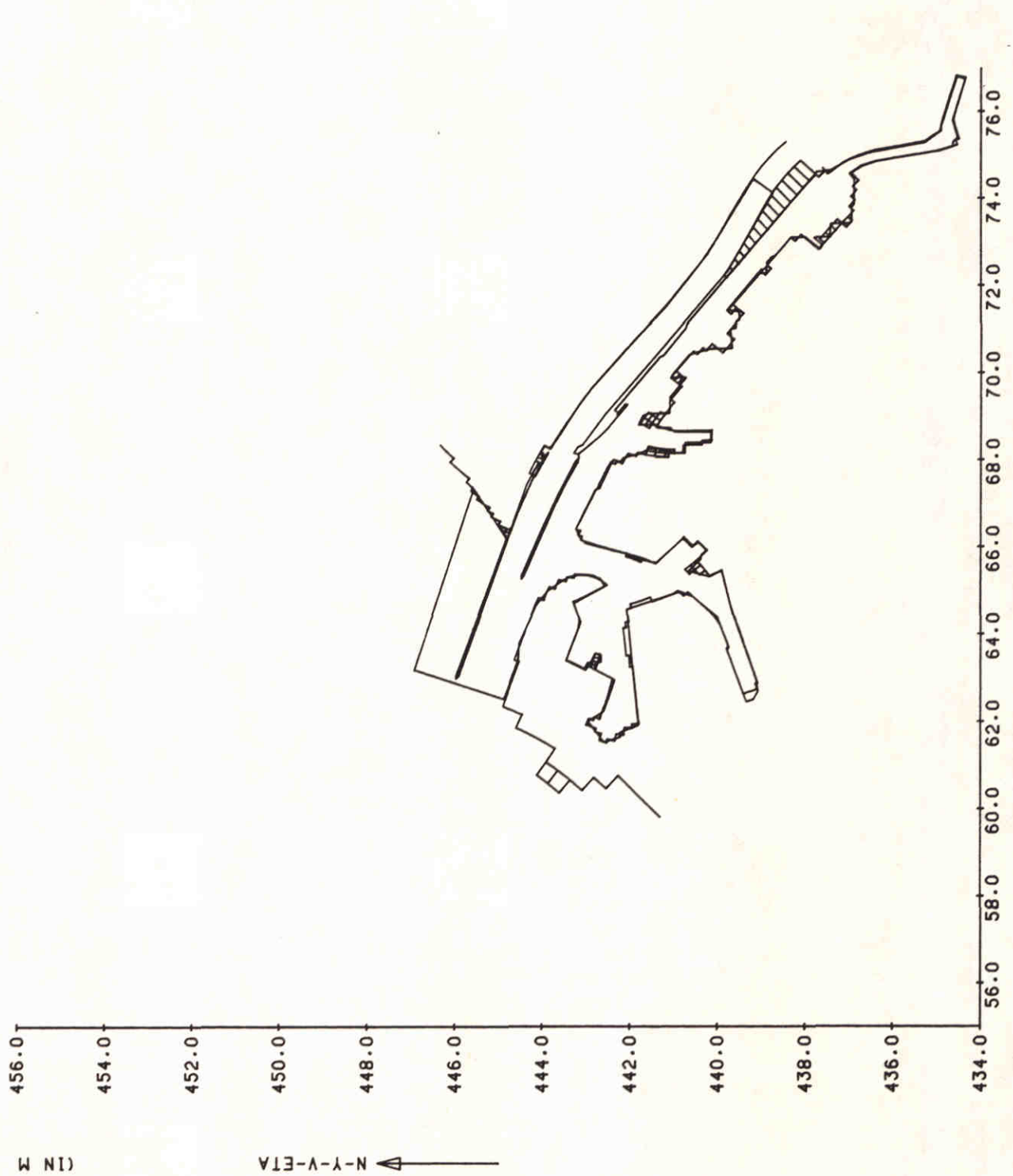
Blot



please contact:

FIG. 1

miles



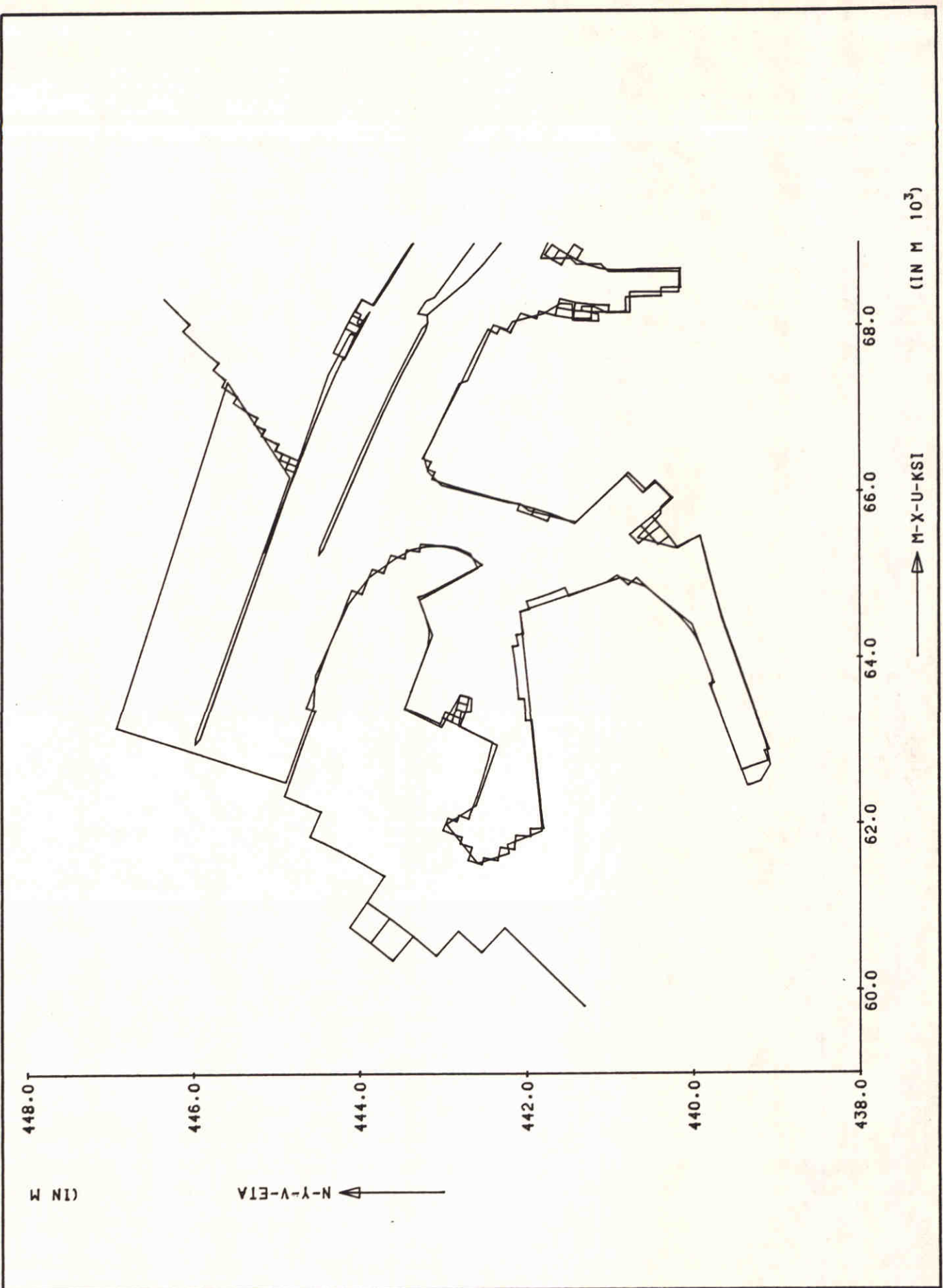
MODEL SEICHES EUROPOORT
 COMPUTATIONAL- AND LAND BOUNDARY

9-6-88

DELFT HYDRAULICS

Z279

FIG. 2



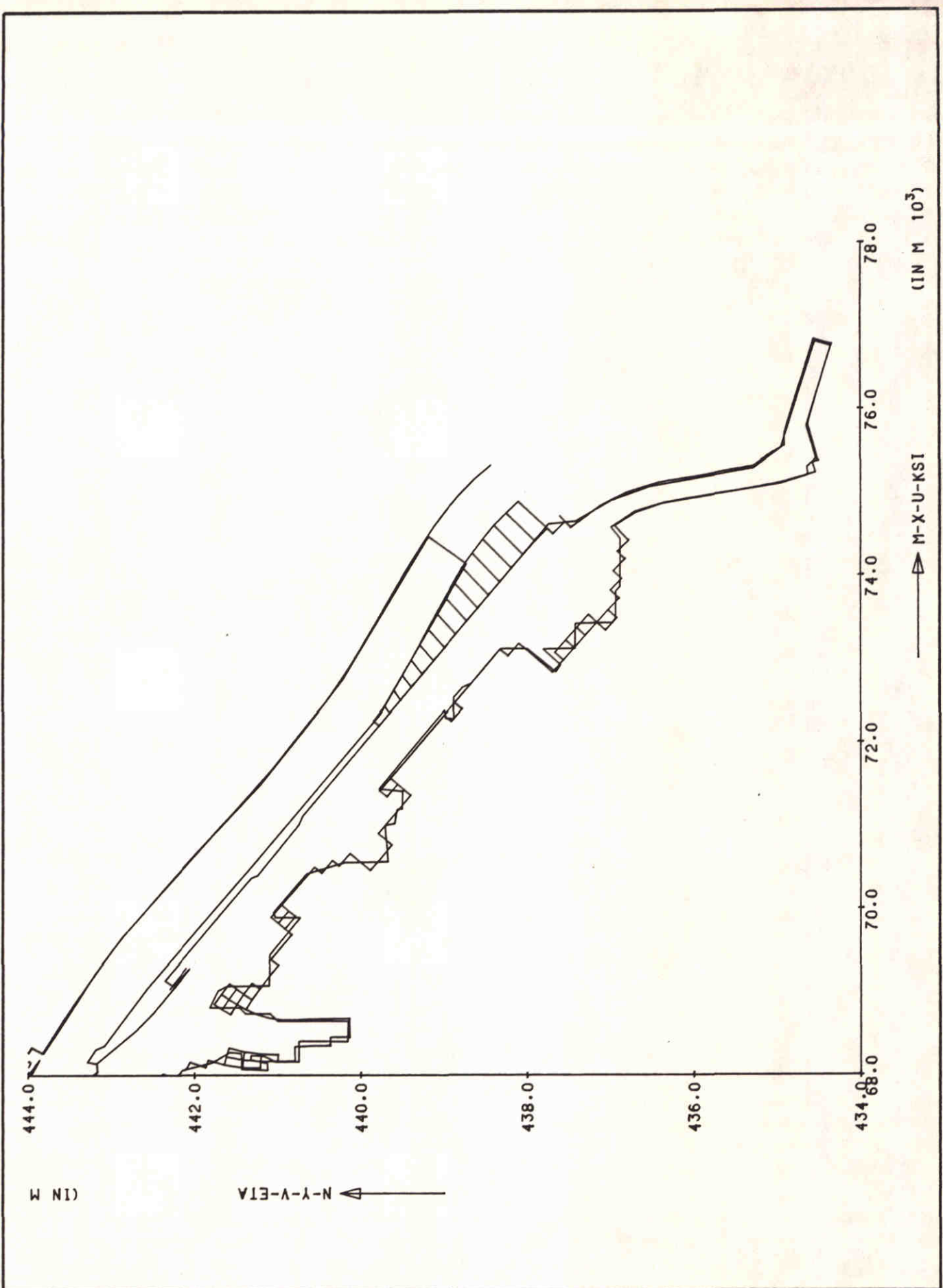
MODEL SEICHES EUROPOORT
 LAND- AND GRIDBOUNDARY

9-6-88

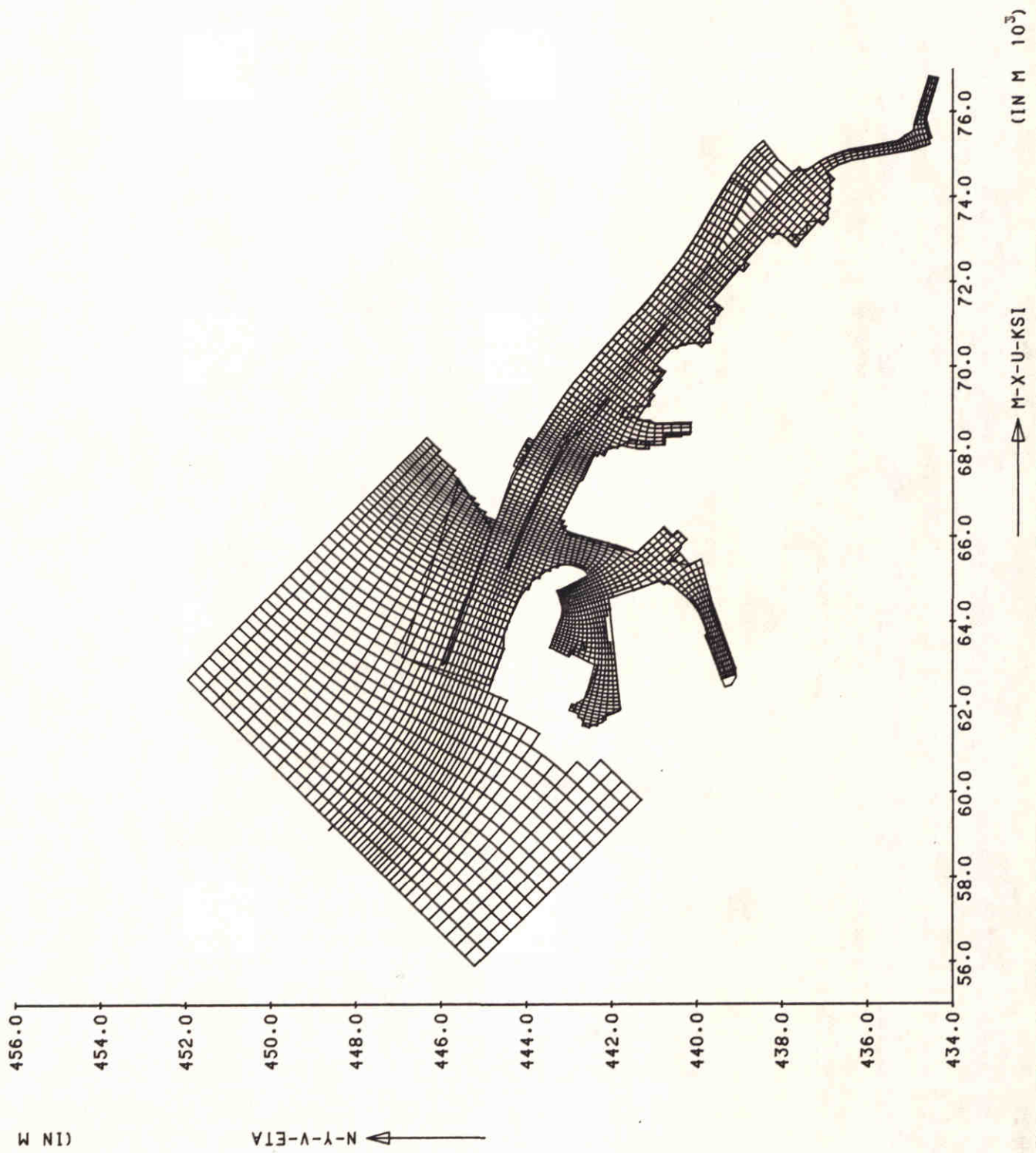
DELFT HYDRAULICS

Z279

FIG. 3



MODEL SEICHES EUROPOORT LAND- AND GRIDBOUNDARY	9-6-88	
	DELFT HYDRAULICS	FIG. 4
	Z279	



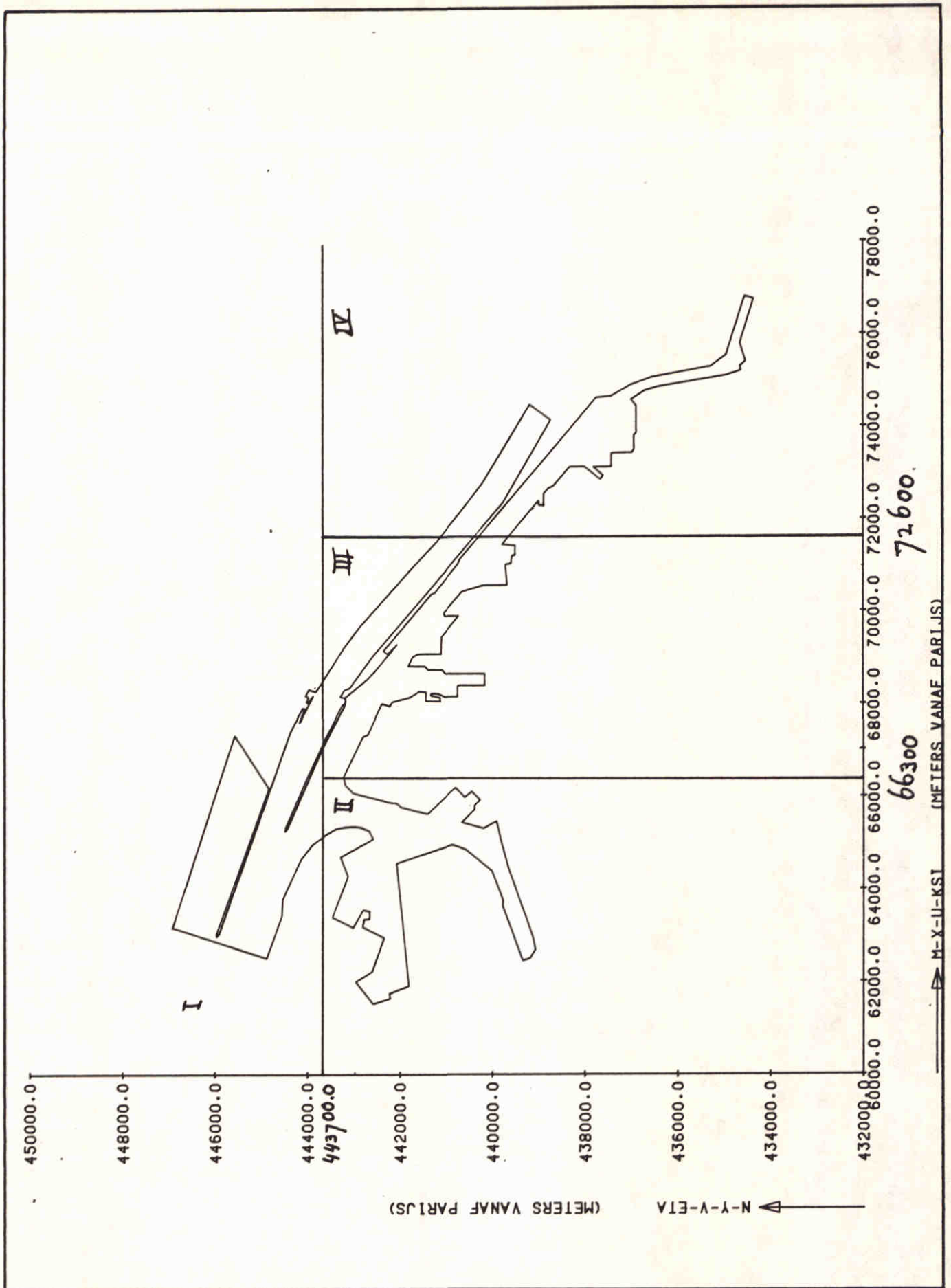
MODEL SEICHES EUROPOORT
 COMPUTATIONAL GRID, LAND BOUNDARY

9-6-88

DELFT HYDRAULICS

Z279

FIG. 5



DEELGEBIEDEN PHAROS LODINGSGEGEVENS

BOUNDARY-OUTLINE VAN HET PHAROS-MODEL

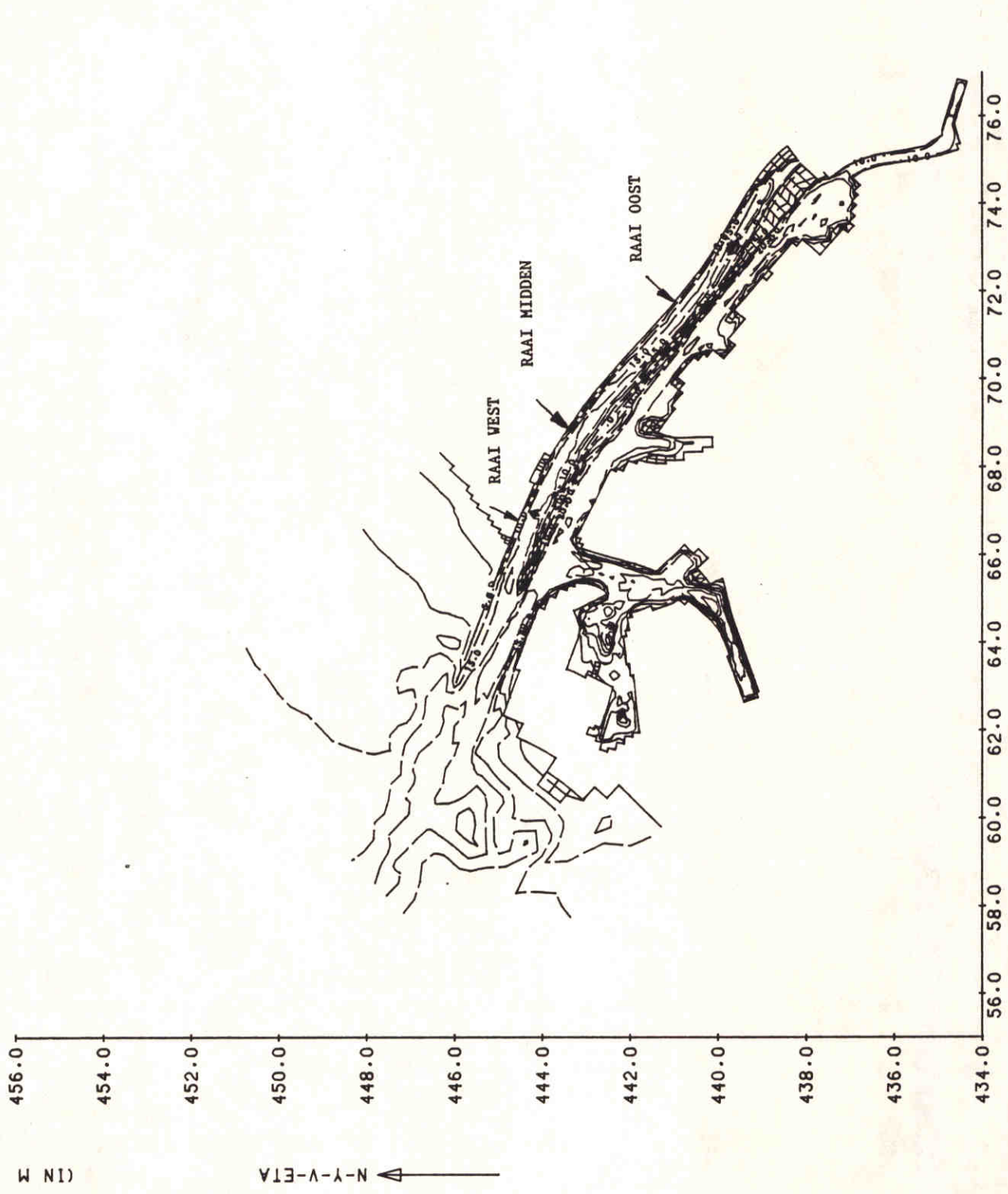
DELFT HYDRAULICS

7-4-88

STORMSTUW

Z-279

FIG. 6



MODEL SEICHES EUROPOORT
 BOTTOM-CONFIGURATION

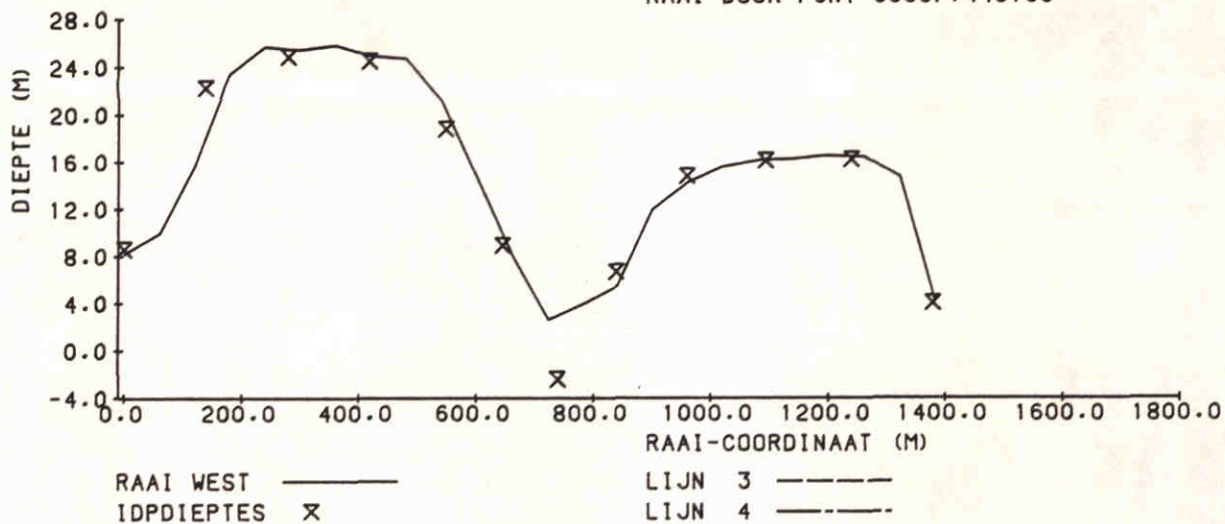
9-6-88

DELFT HYDRAULICS

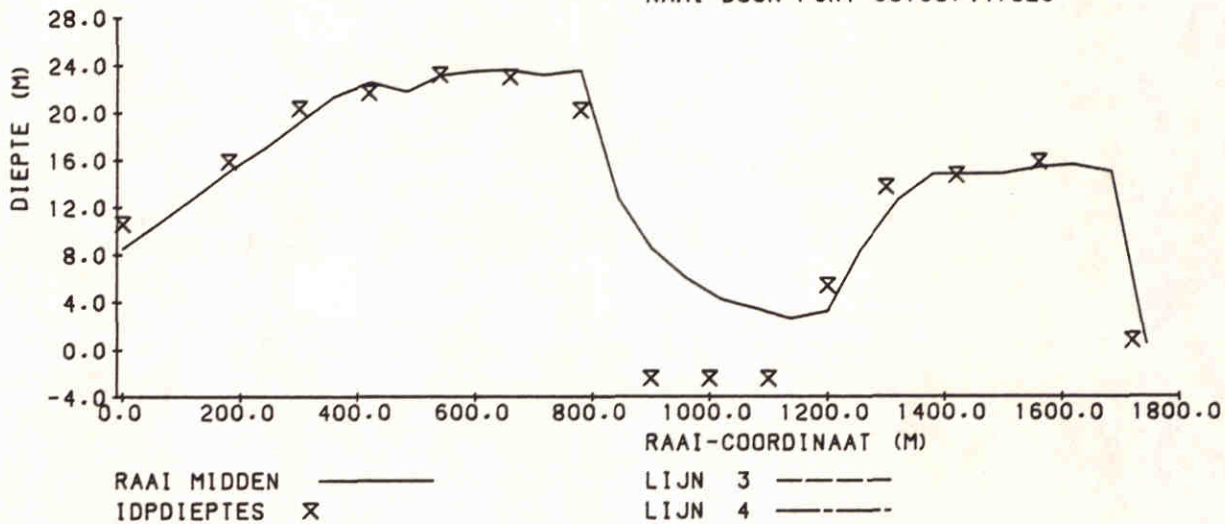
Z279

FIG. 7

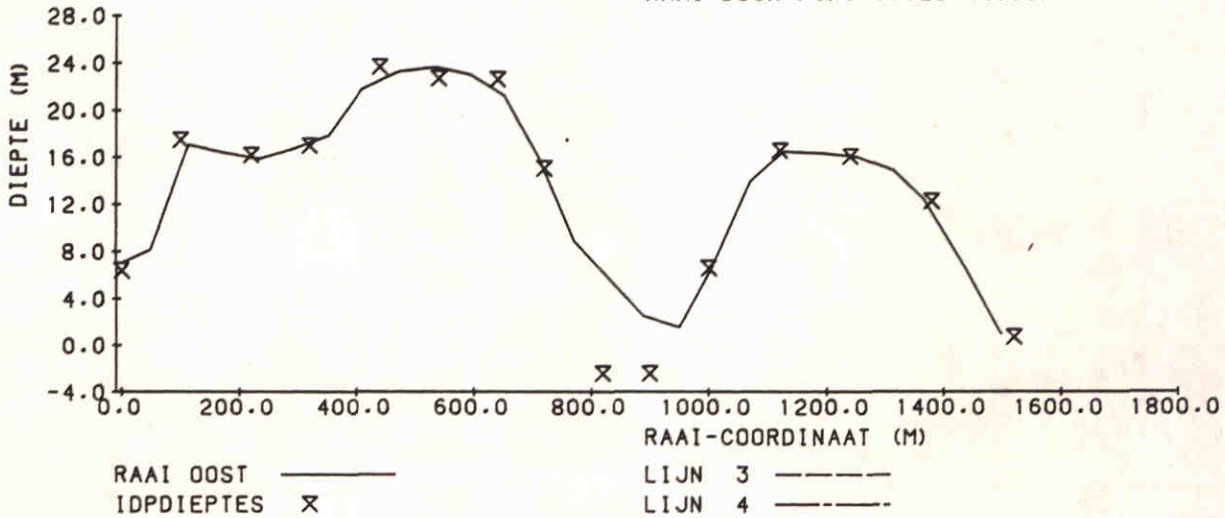
RAAI DOOR PUNT 66567.443133



RAAI DOOR PUNT 68138.441825



RAAI DOOR PUNT 69528.440987



WAQUA MODEL SEICHES EUROPOORT
DIEPTES PHAROS-FILE EN IDPDIEPTES

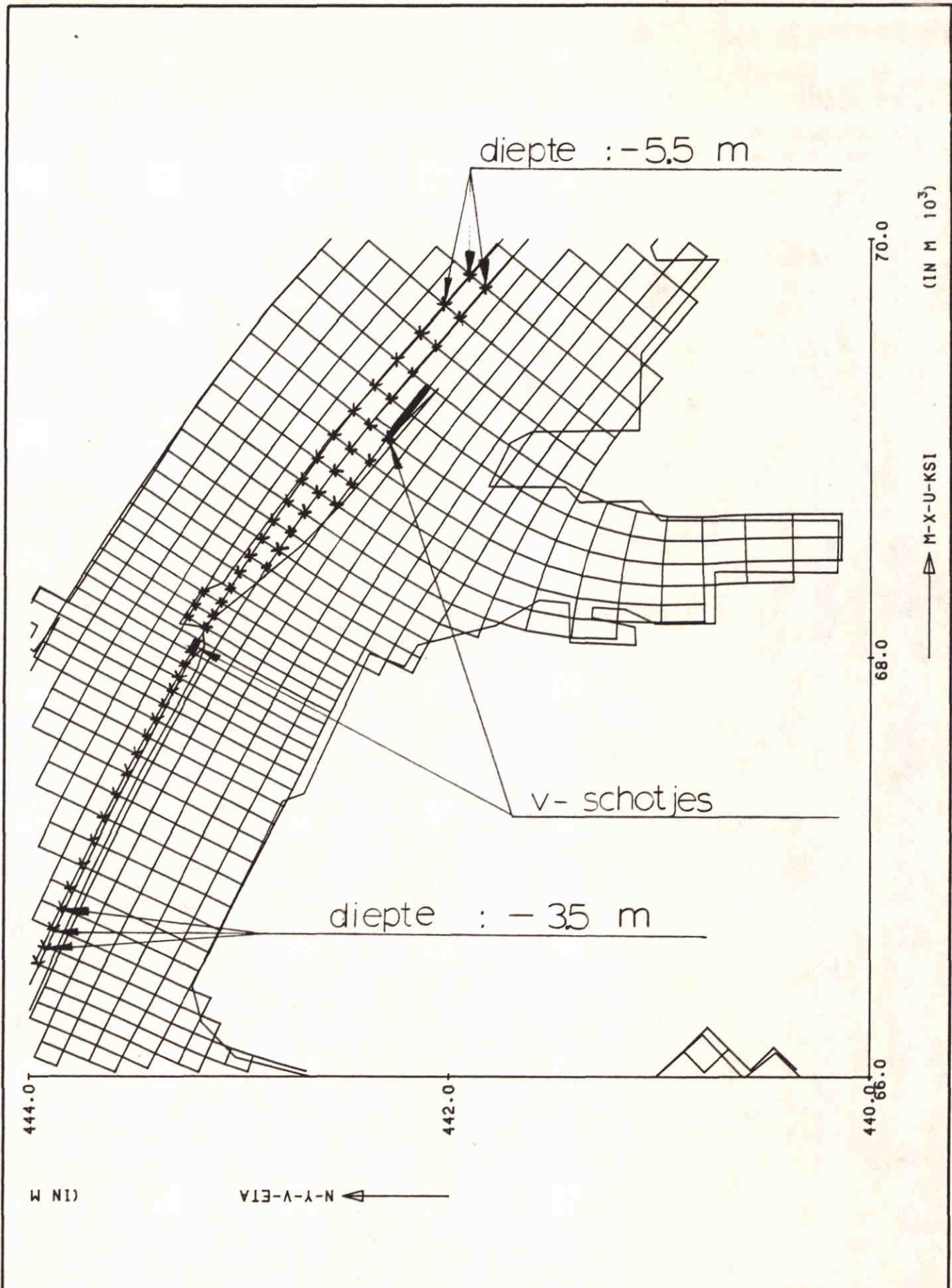
DELFT HYDRAULICS

6-6-88

3 RAAIEN

Z-279

FIG. 8



MODEL SEICHES EUROPOORT
 COMPUTATIONAL GRID, LAND BOUNDARY breediep

9-6-88

DELFT HYDRAULICS

Z279

FIG. 9

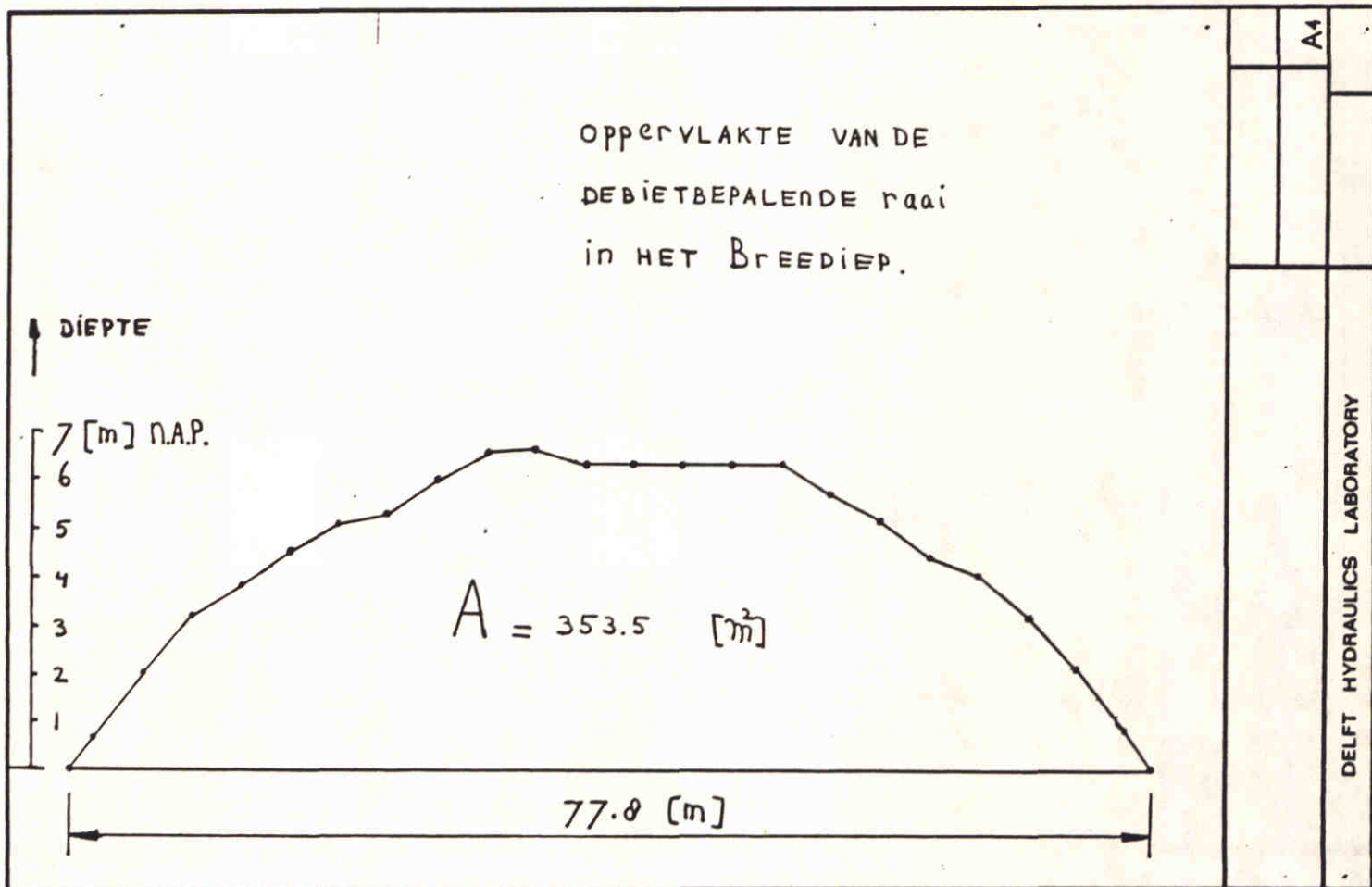
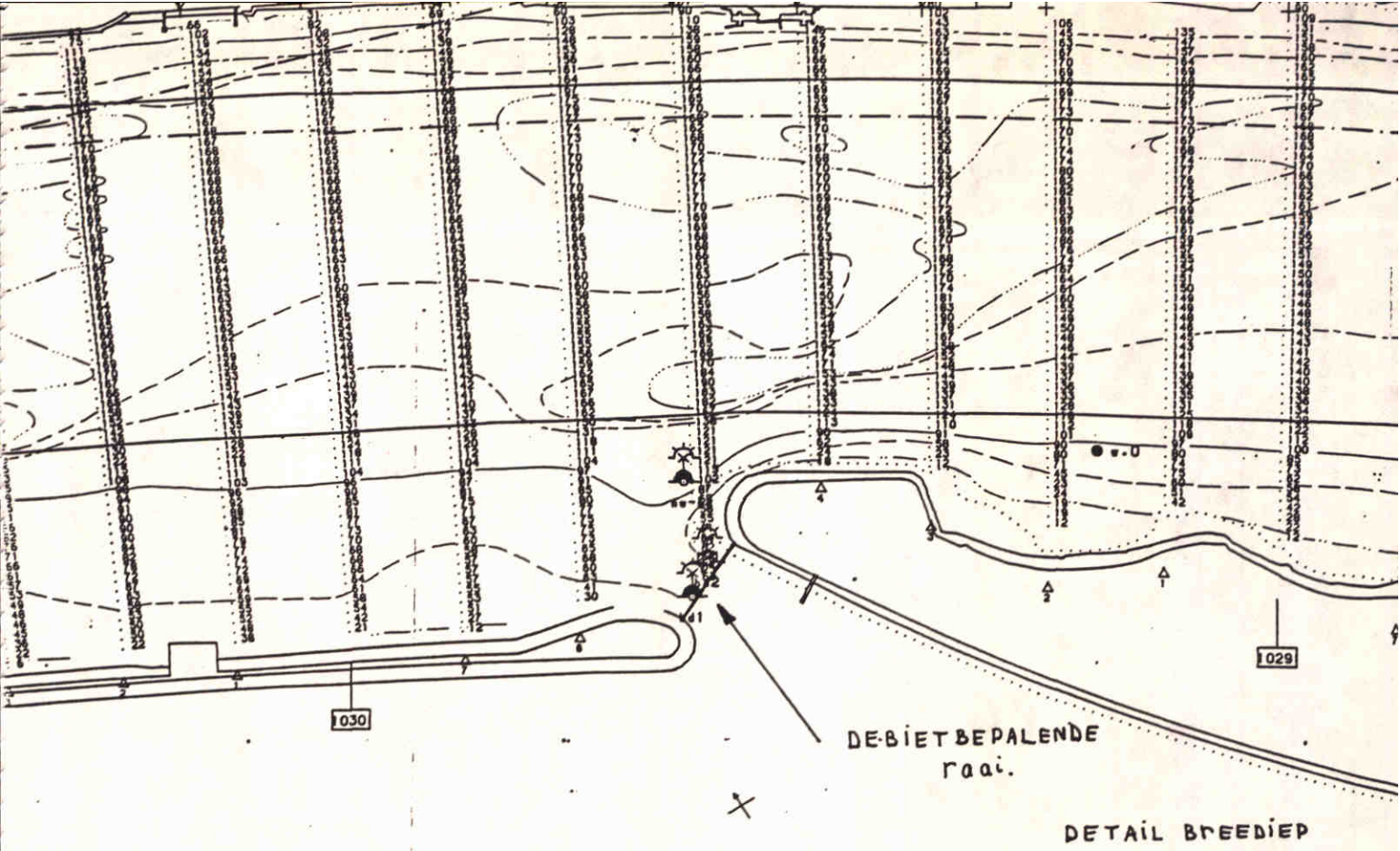
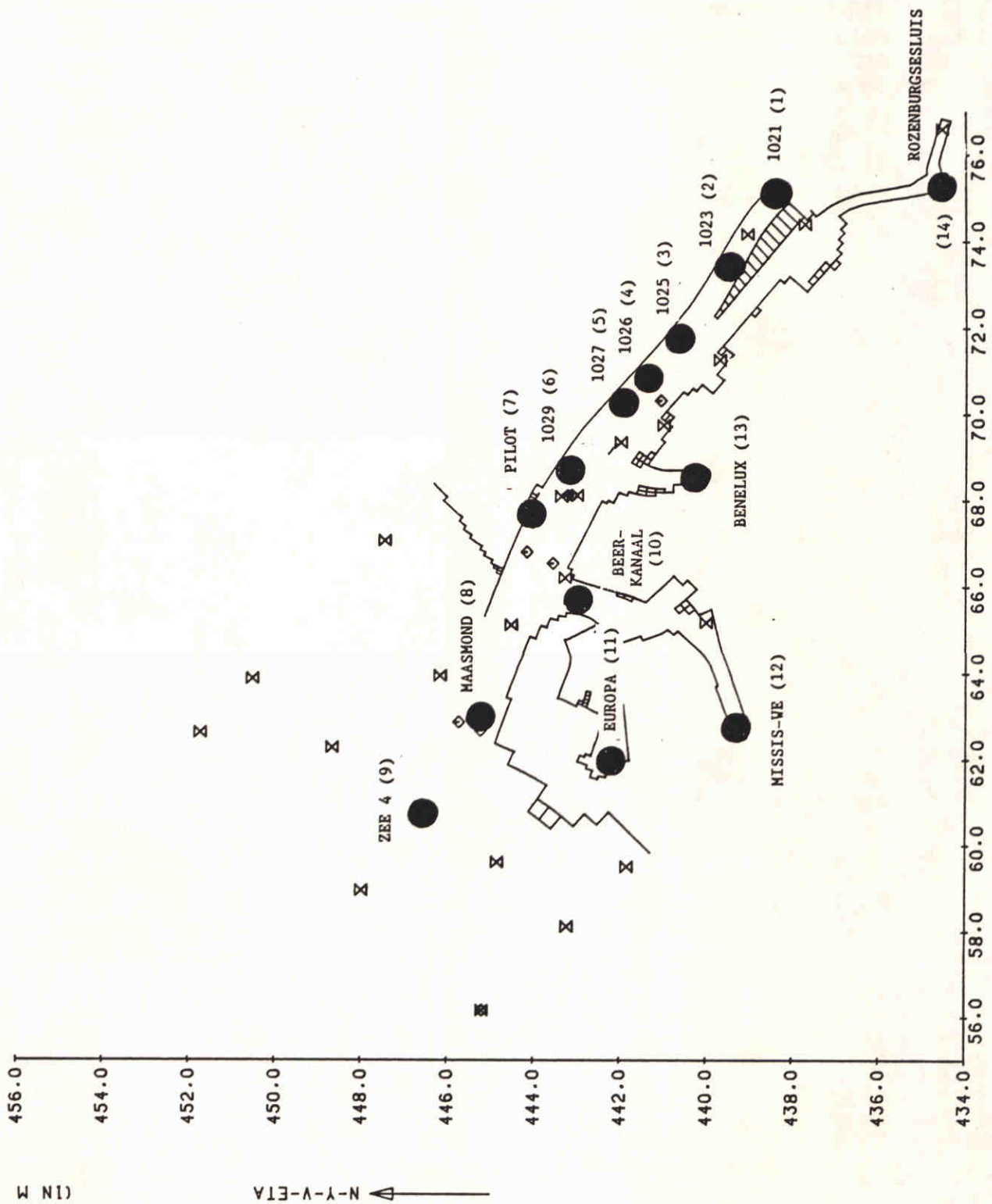


FIG. 10



MODEL SEICHES EUROPOORT

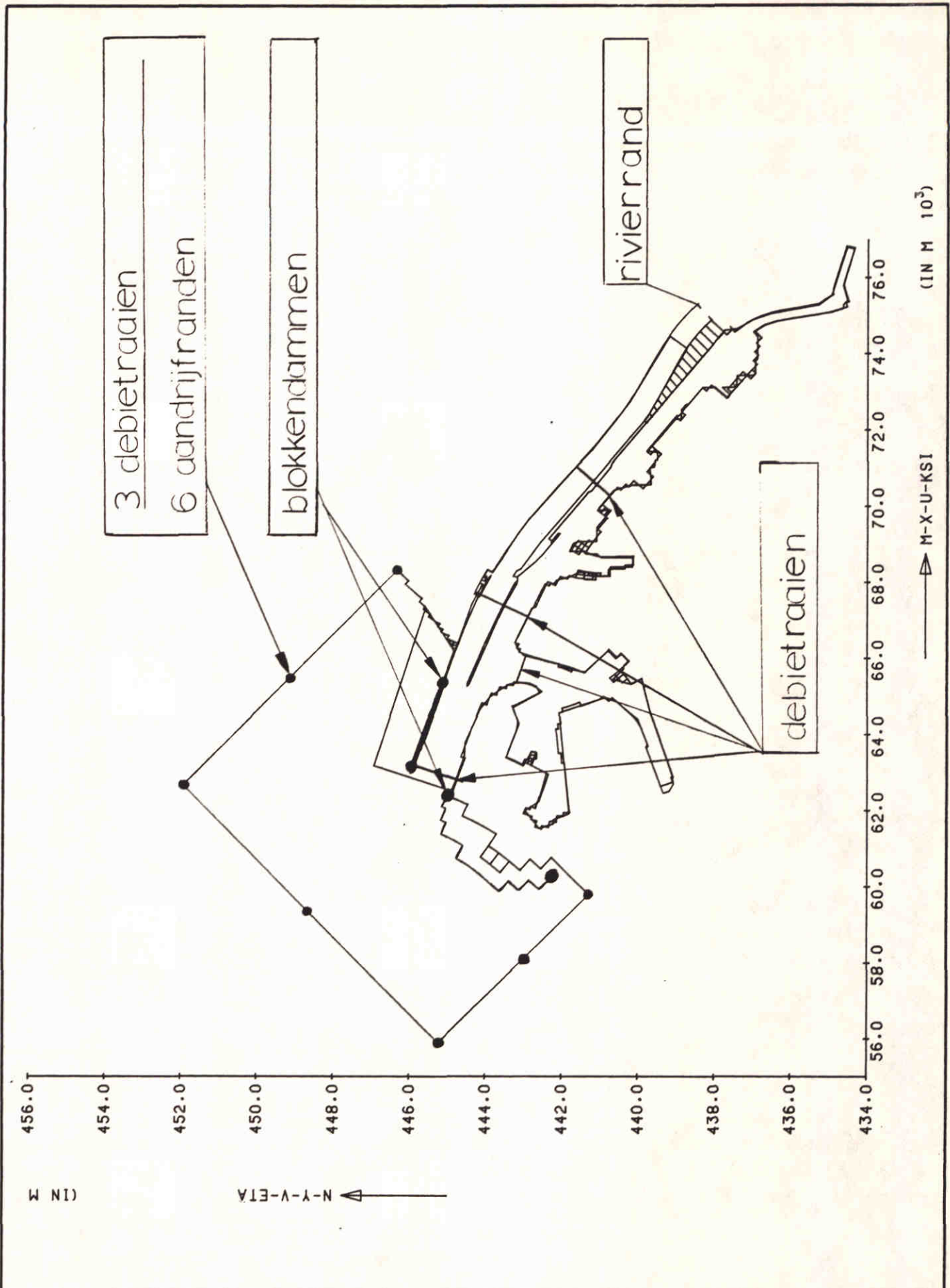
33 WATERLEVEL- AND 11 CURRENTSTATIONS

DELFT HYDRAULICS

9-6-88

Z279

FIG. 11



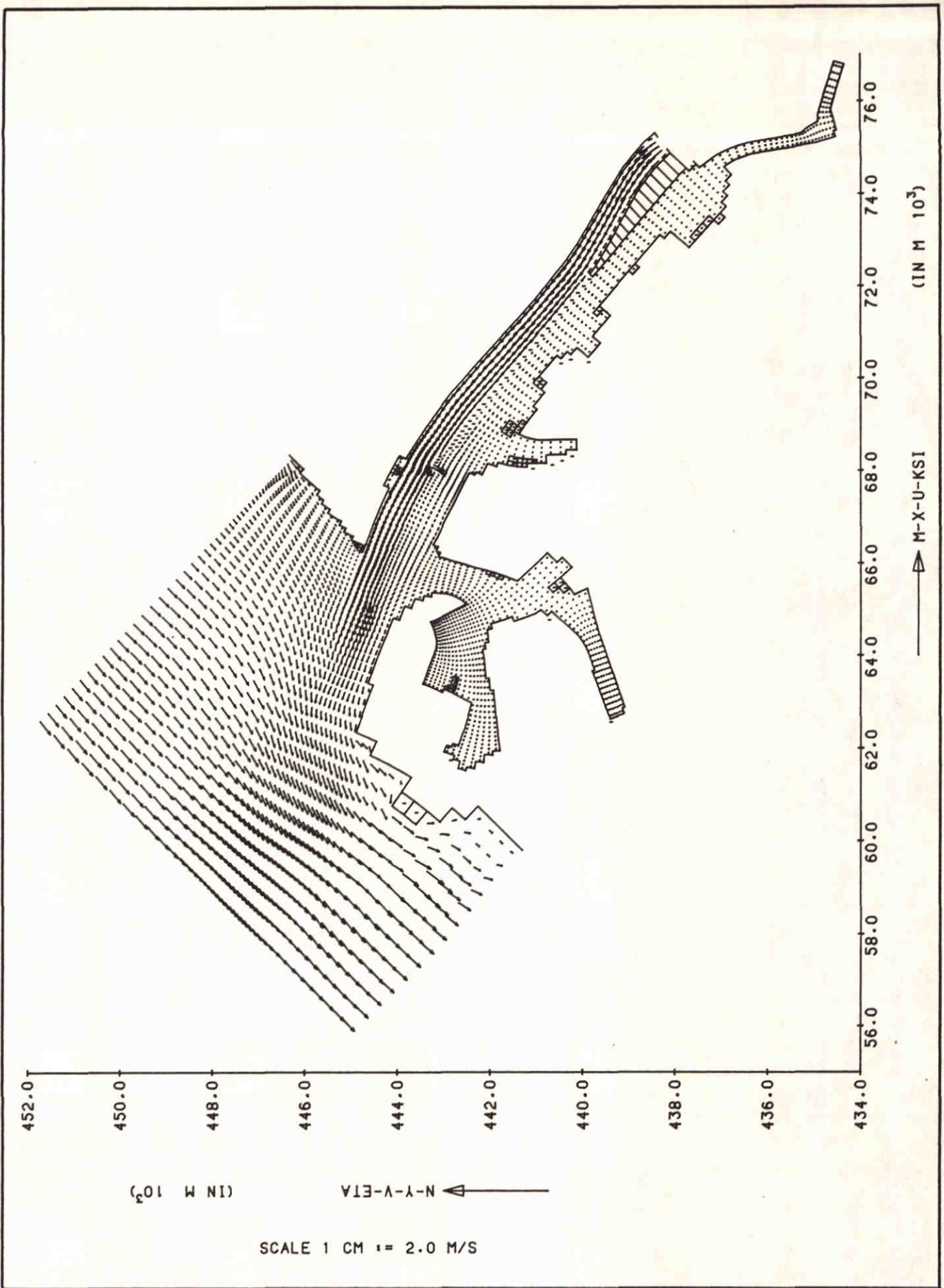
MODEL SEICHES EUROPOORT
 COMPUTATIONAL- AND LAND BOUNDARY

9-6-88

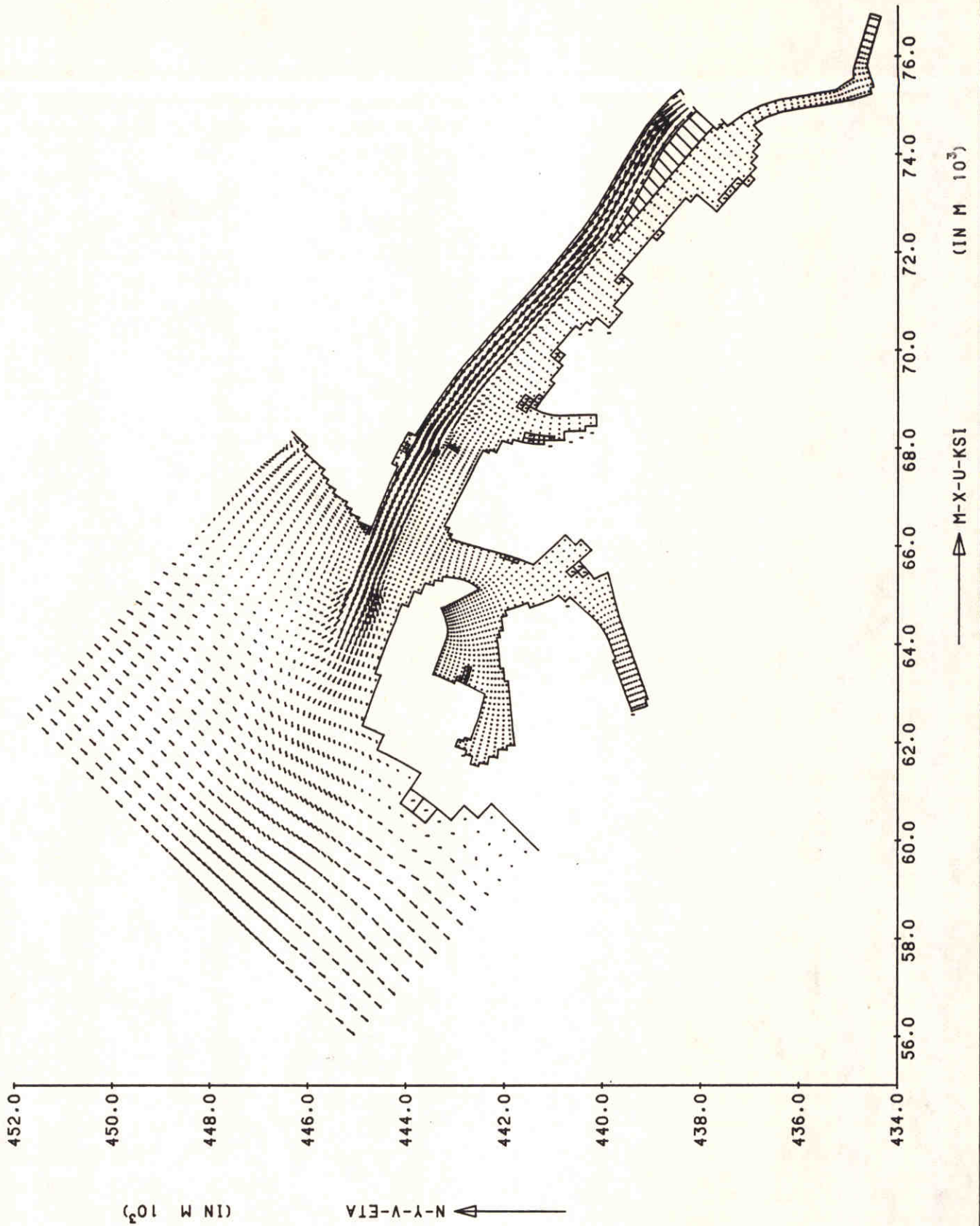
DELFT HYDRAULICS

Z279

FIG. 12



MODEL SEICHES EUROPOORT VELOCITY-FIELD	OPC=SNW	21-6-88
	TIME=1980 (33 H.)	
DELFT HYDRAULICS	Z279	FIG. 13



SCALE 1 CM := 2.0 M/S

MODEL SEICHES EUROPOORT
VELOCITY-FIELD

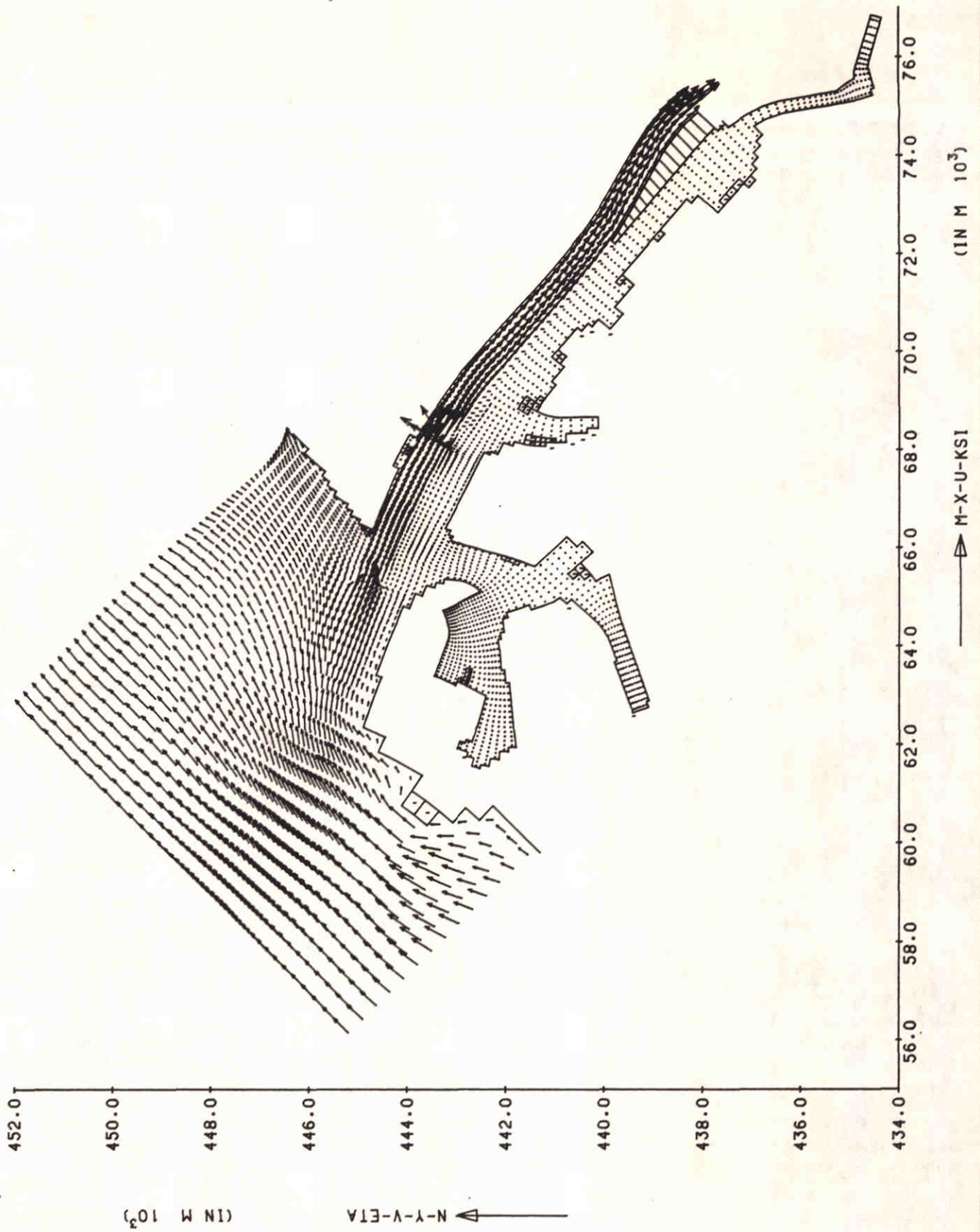
DELFT HYDRAULICS

OPC=SNW 21-6-88

TIME=2100 (35 H.)

Z279

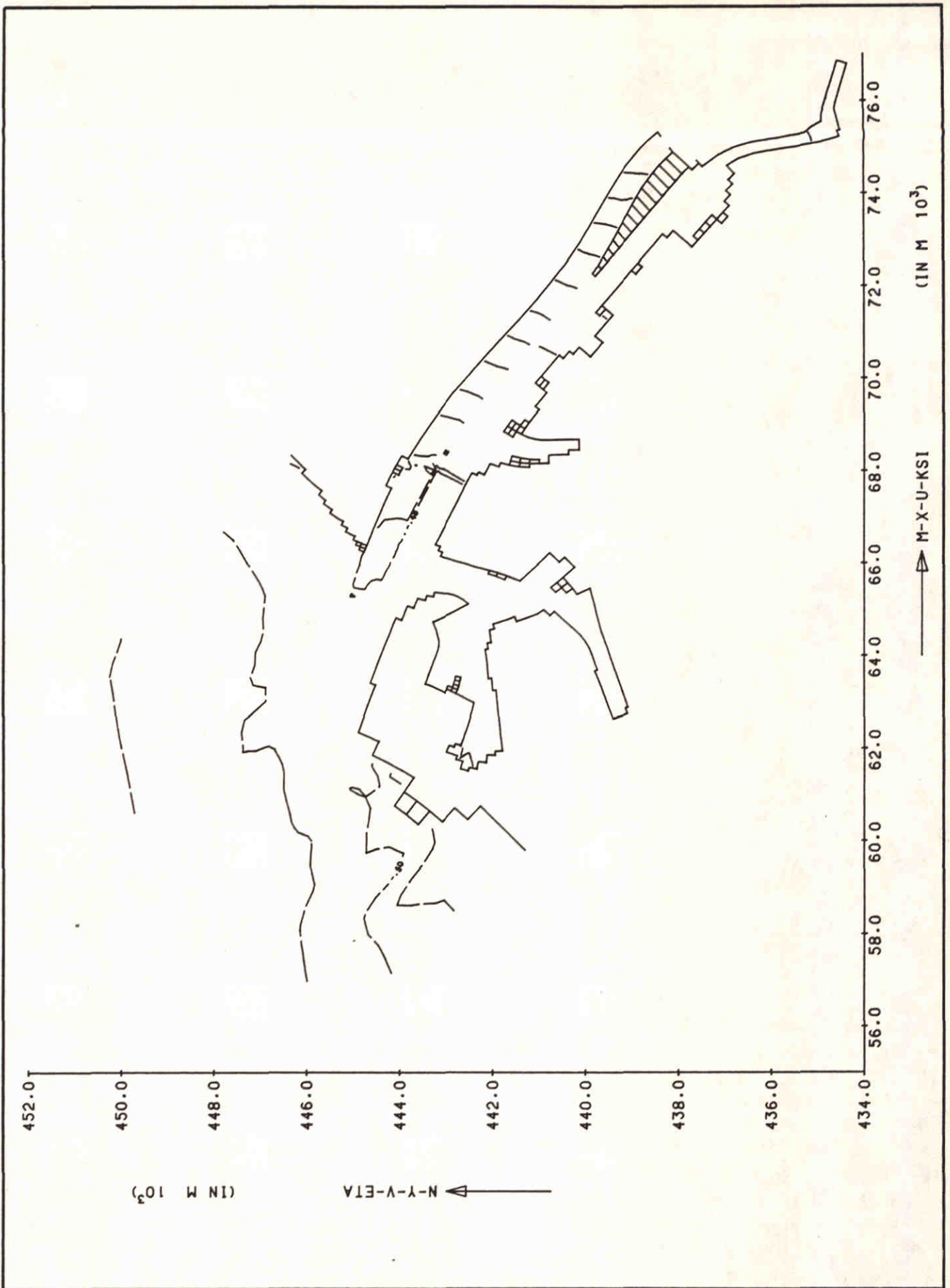
FIG. 14



MODEL SEICHES EUROPOORT
VELOCITY-FIELD

DELFT HYDRAULICS

OPC=SNW	21-6-88
TIME=2280 (38 H.)	
Z279	FIG. 15



MODEL SEICHES EUROPOORT
ISOLINES WATERLEVEL

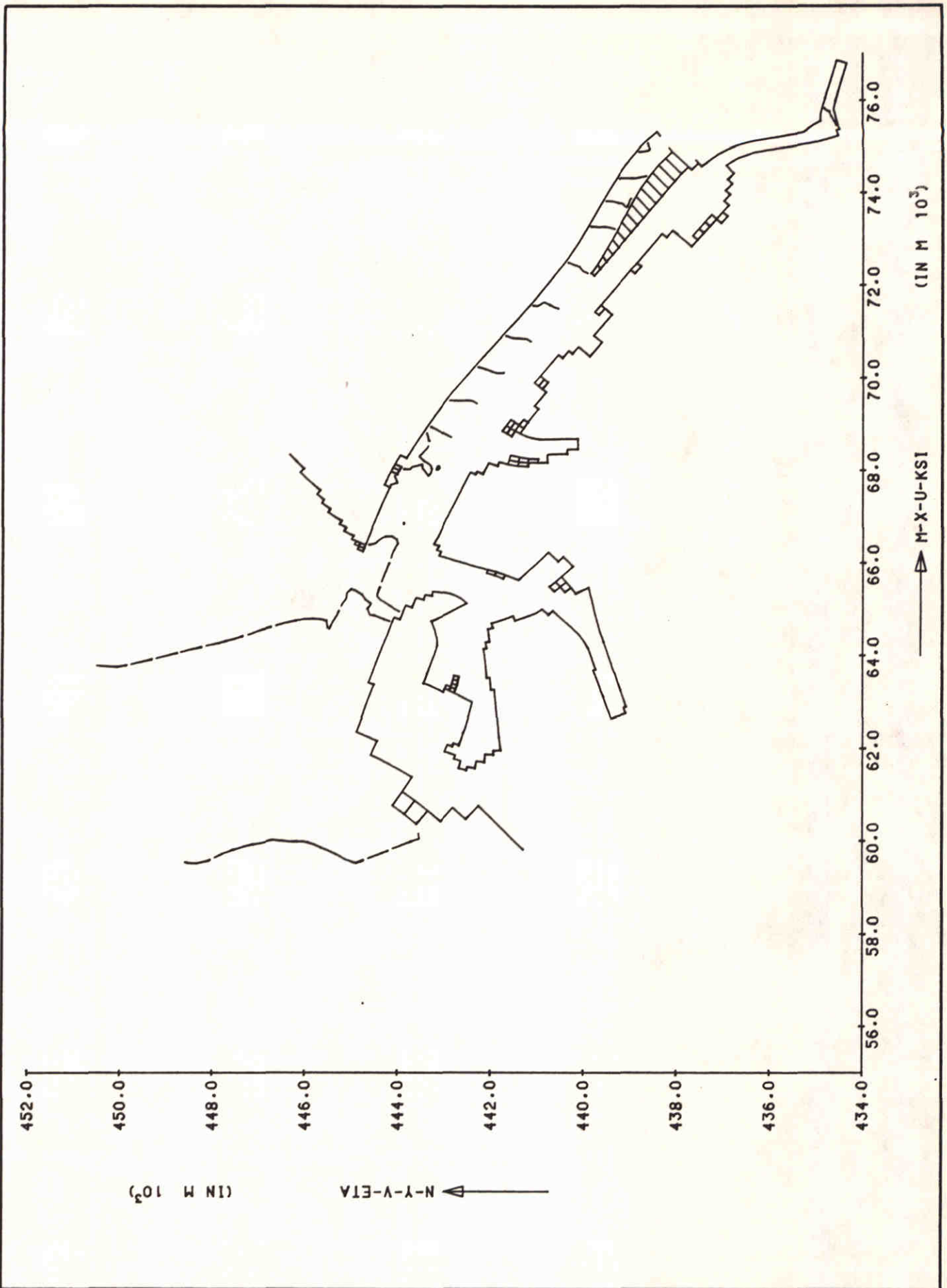
OPC=SNW 21-6-88

TIME=1980 (33 H)

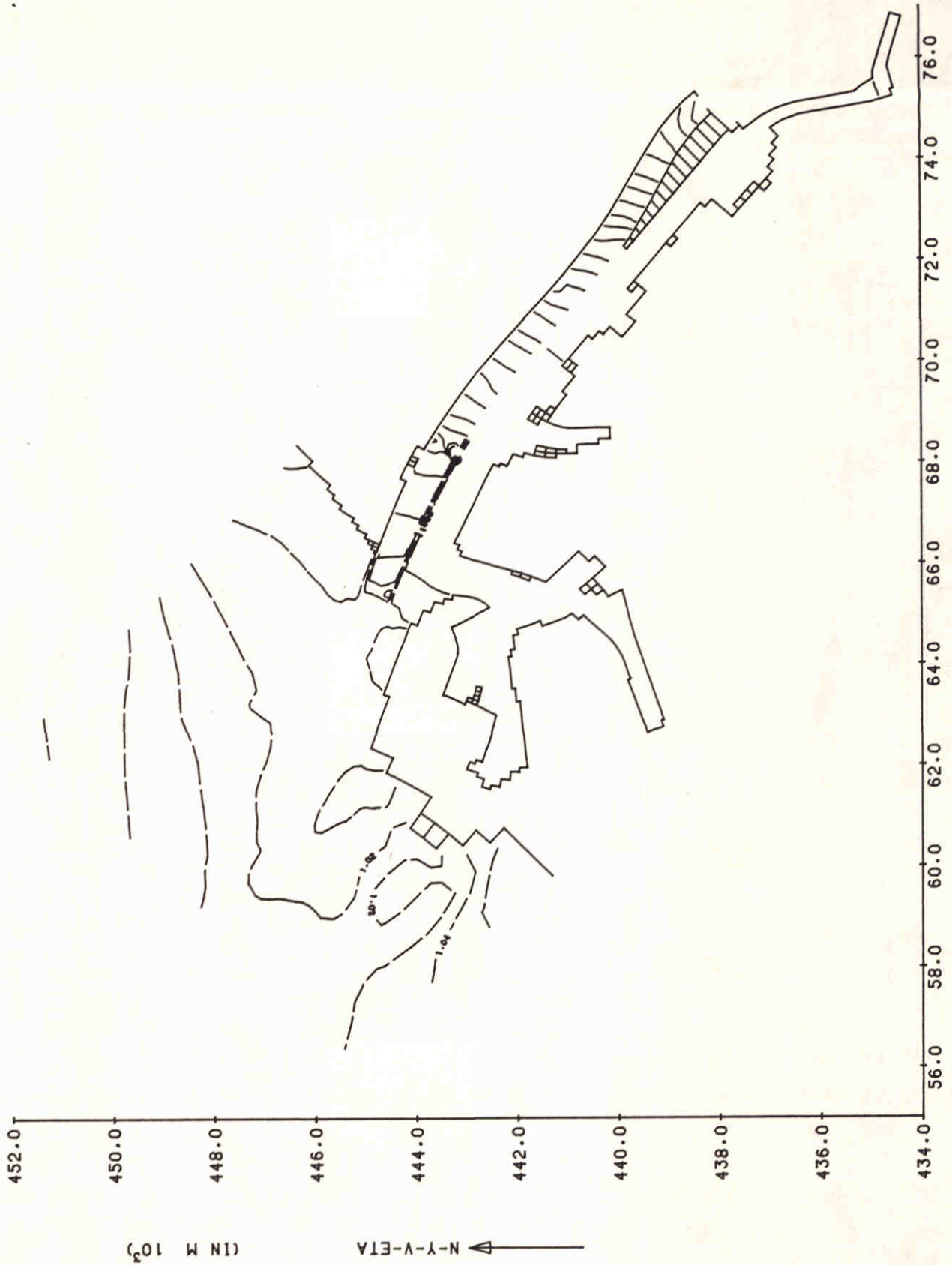
DELFT HYDRAULICS

Z279

FIG. 16



MODEL SEICHES EUROPOORT ISOLINES WATERLEVEL	OPC=SNW	21-6-88
	TIME=2100 (35 H)	
DELFT HYDRAULICS	Z279	FIG. 17



MODEL SEICHES EUROPOORT
ISOLINES WATERLEVEL

OPC=SNW 21-6-88

TIME=2280 (38 H)

DELFT HYDRAULICS

Z279

FIG. 18

CLEAR EXIT PLEASE?? MODID=NUM ;IDP: 09/06/88 14:39:09;SIM: 88/06/09 21:47:57

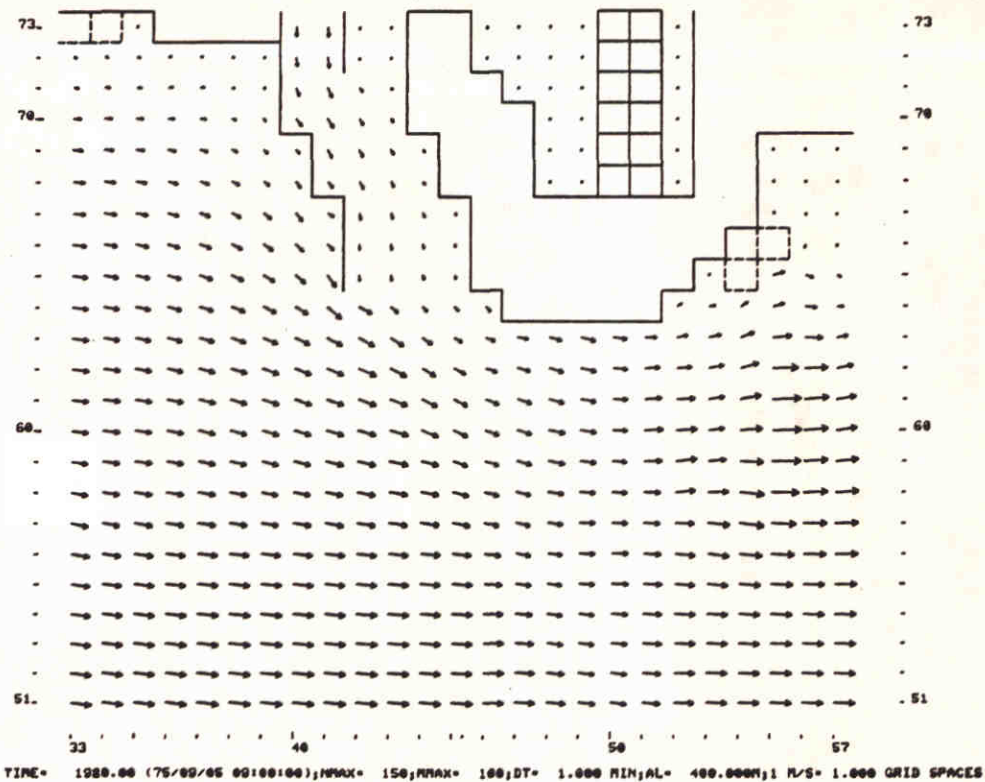


FIG. 19

CLEAR EXIT PLEASE?? MODID=NUM ;IDP: 09/06/88 14:39:09;SIM: 88/06/09 21:47:57

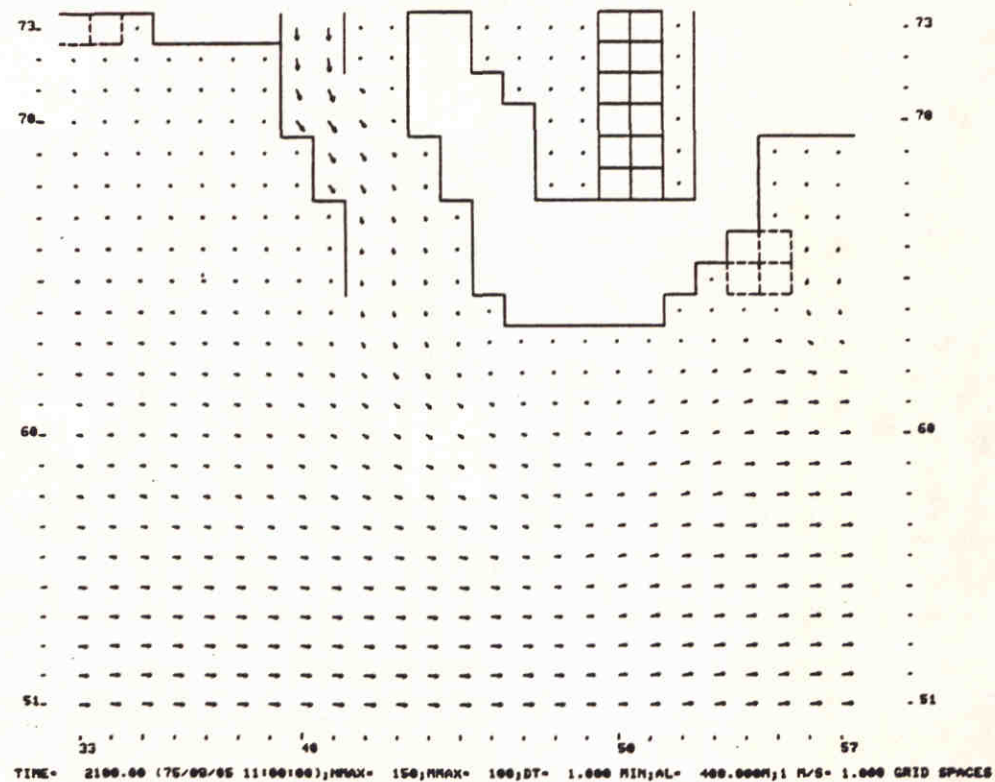
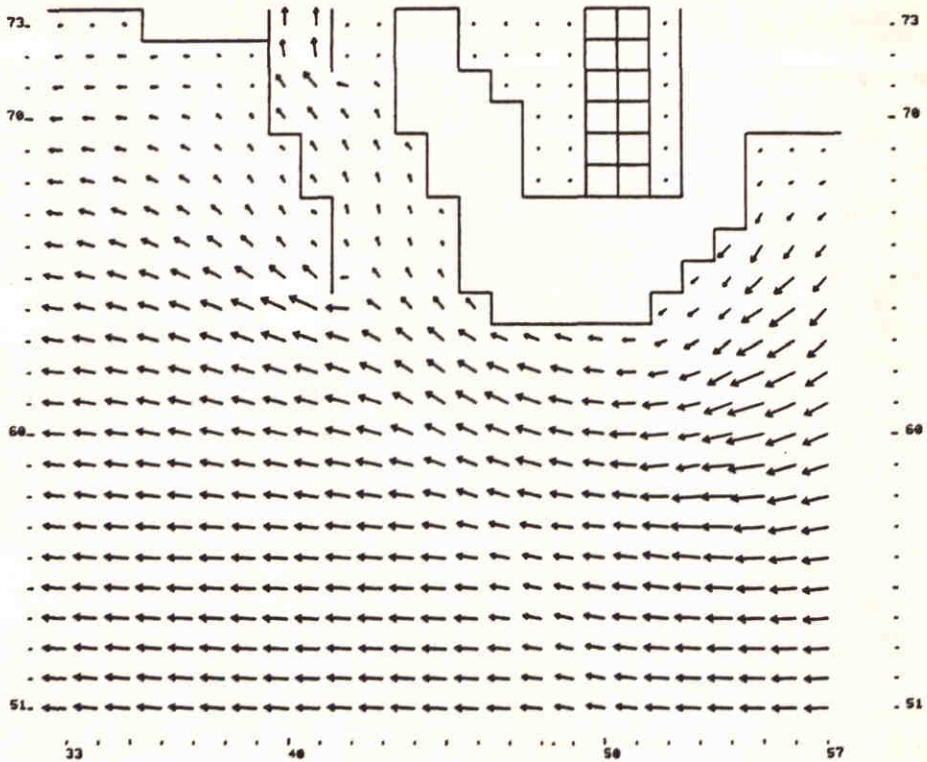
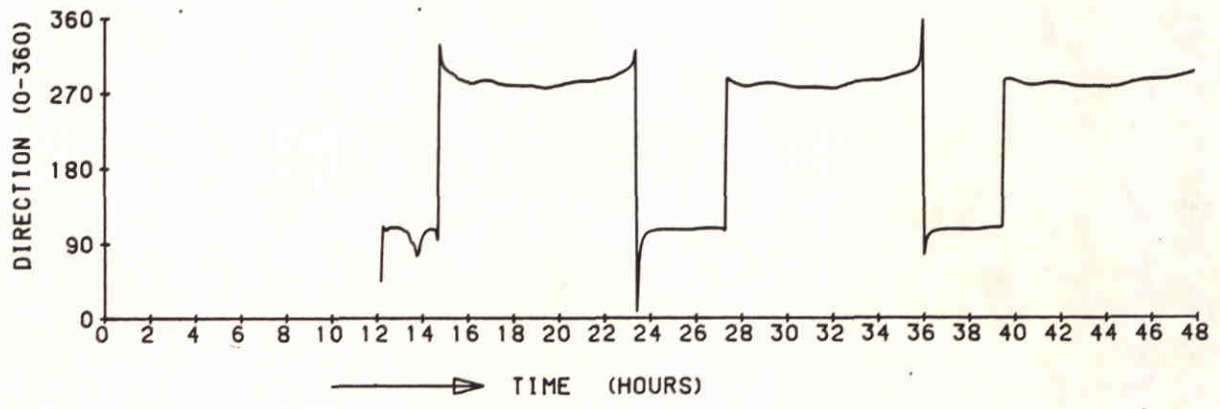
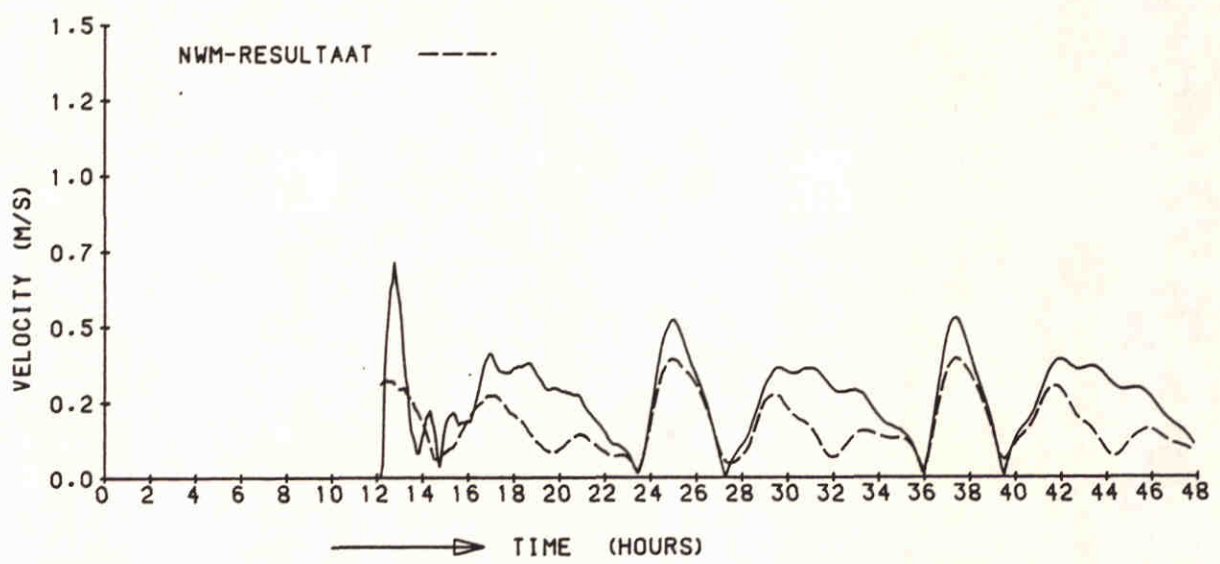
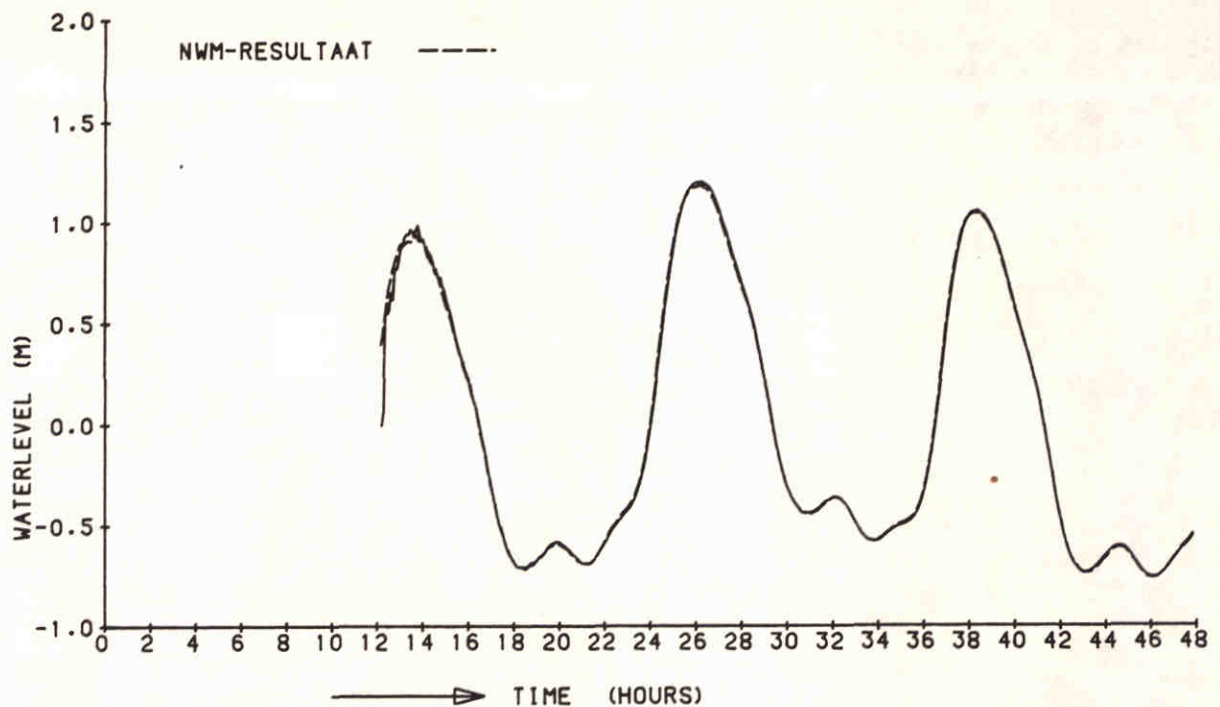


FIG. 20



TIME= 2280.00 (75/09/85 14:00:00);NMAX= 150;MMAX= 100;DT= 1.000 MIN;AL= 400.000M;1 R/S= 1.000 GRID SPACES

FIG. 21



MODEL SEICHES EUROPOORT
 TIME-SERIES: MAASMOND

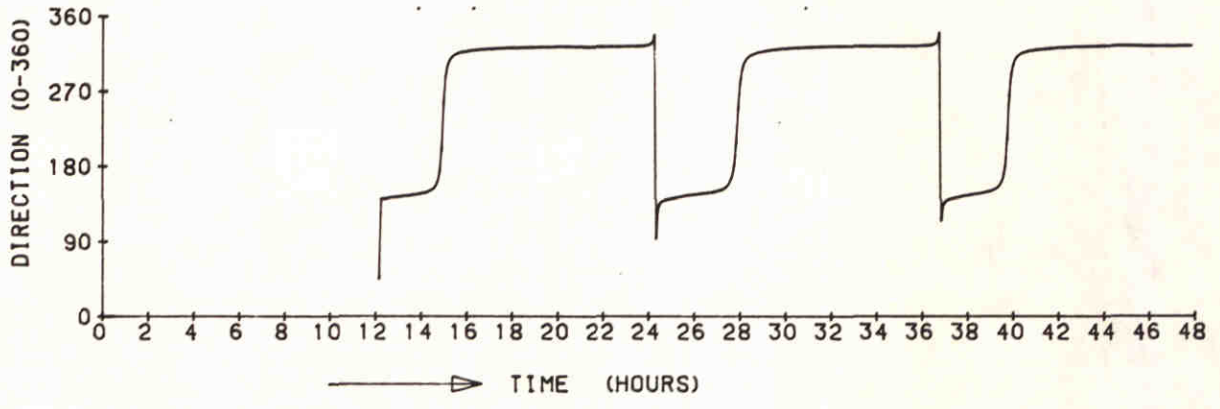
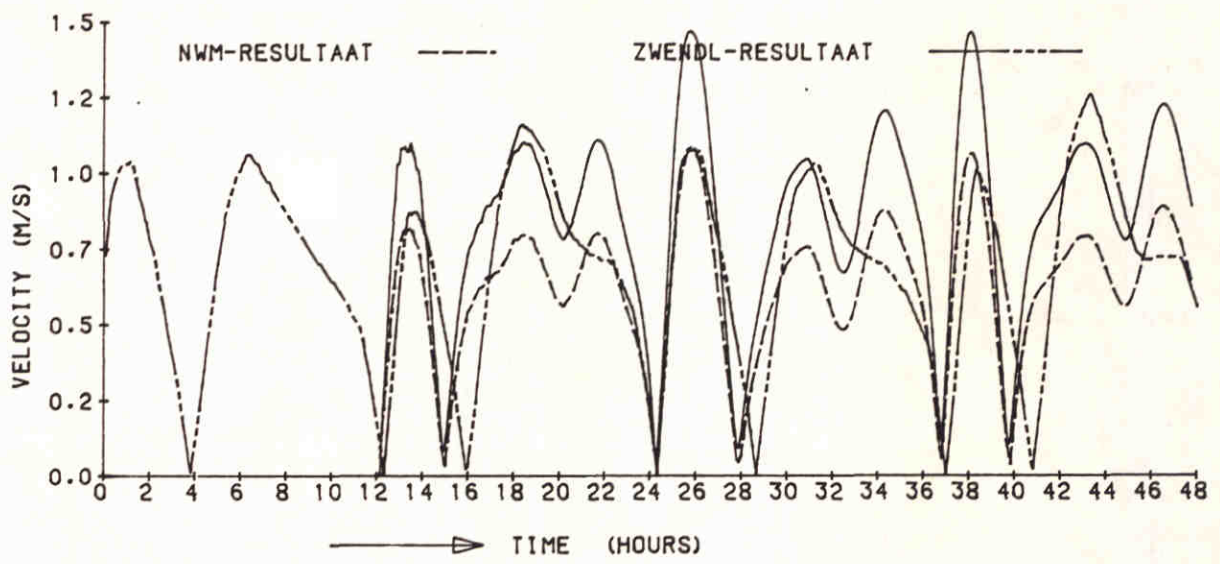
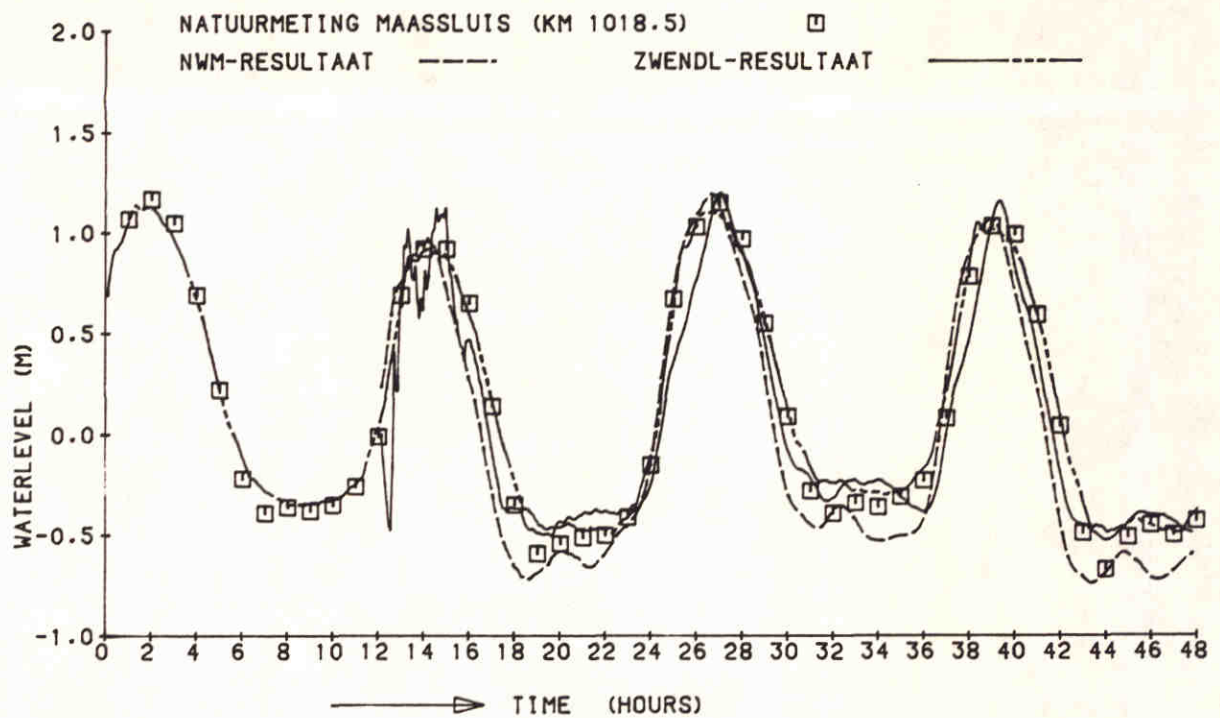
OPC=SNW 21-06-88

4-5 SEPTEMBER 1975

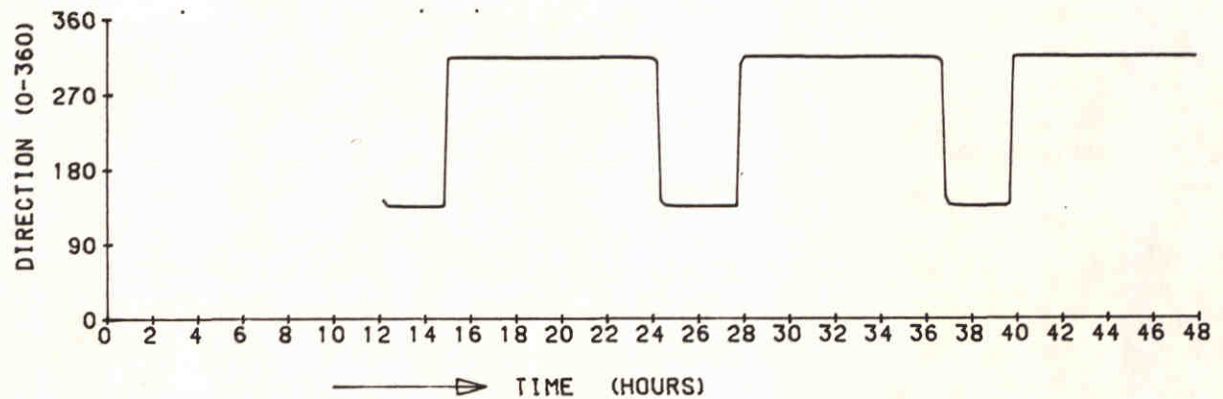
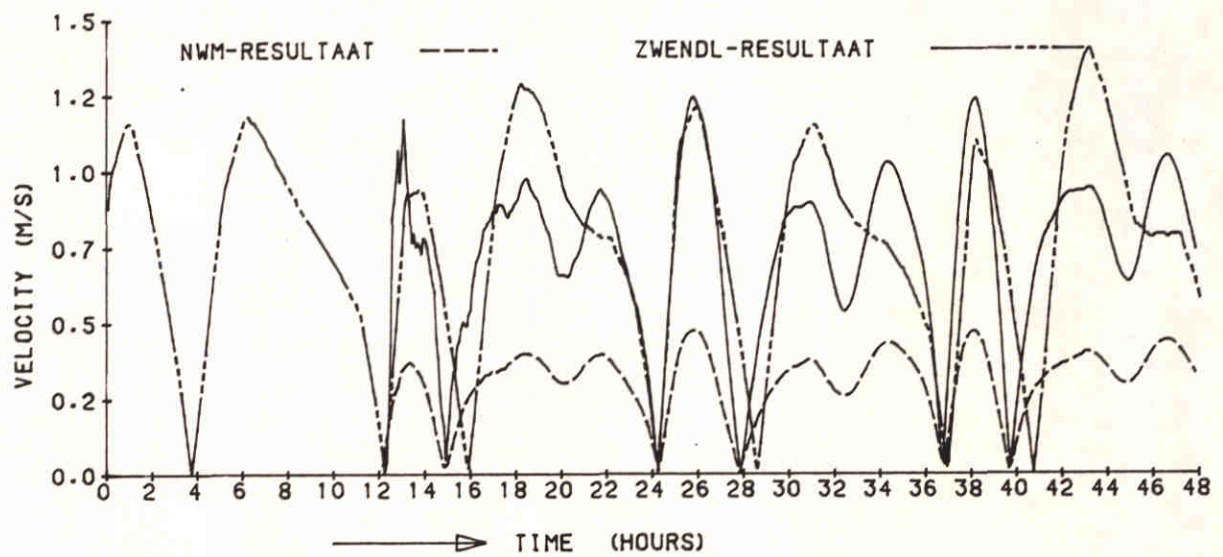
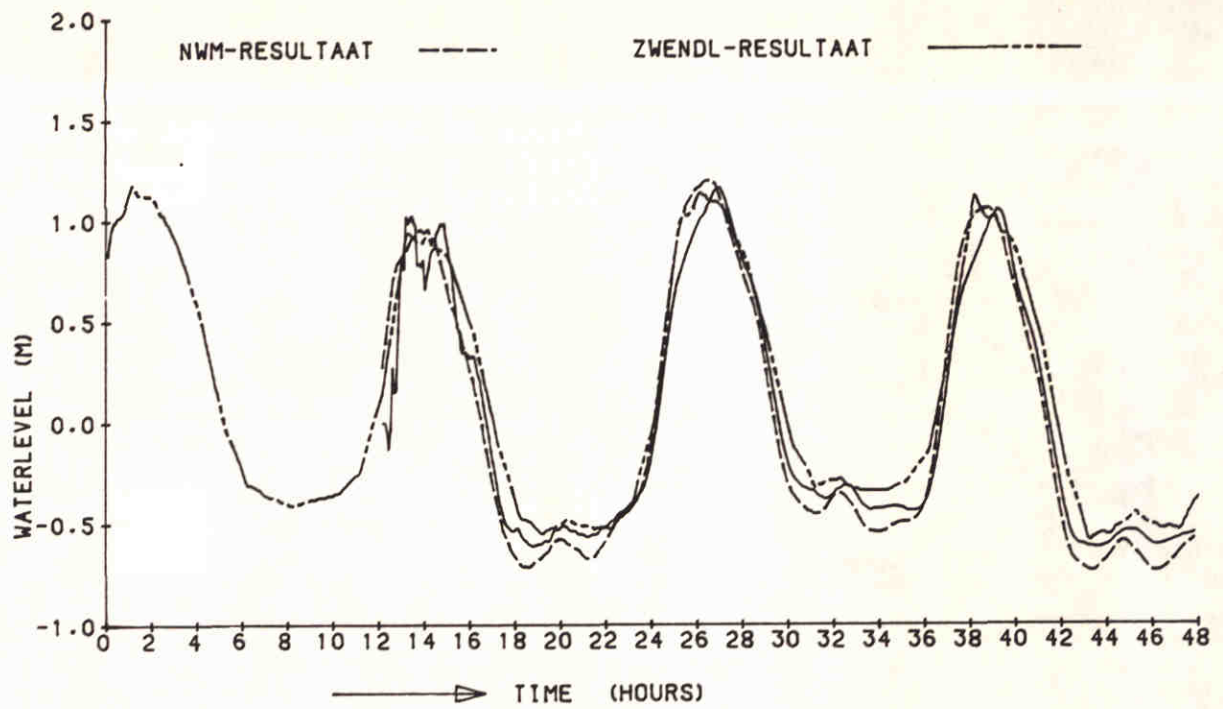
DELFT HYDRAULICS

Z-279-00

FIG. 22



MODEL SEICHES EUROPOORT TIME-SERIES: KM 1021	OPC=SNW	21-06-88
	4-5 SEPTEMBER 1975	
DELFT HYDRAULICS	Z-279-00	FIG. 23



MODEL SEICHES EUROPOORT
 TIME-SERIES: KM 1026

OPC=SNW

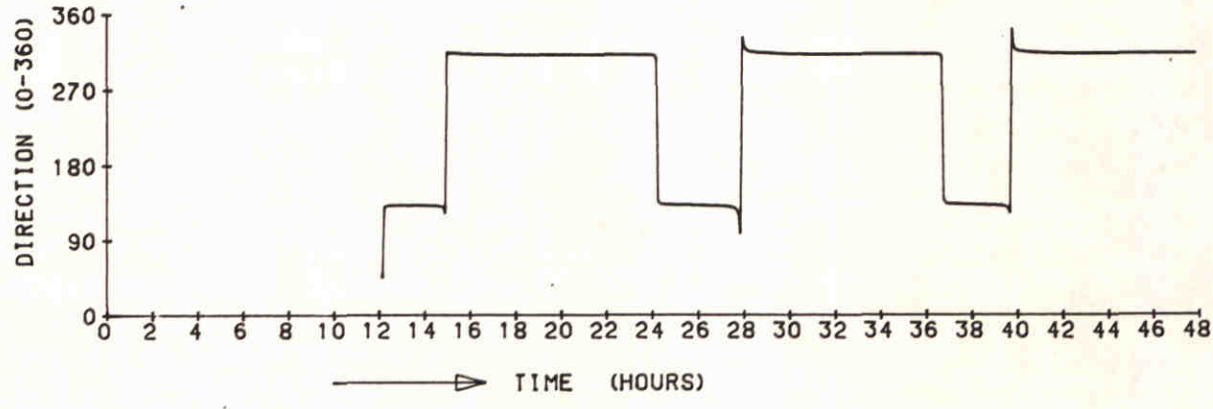
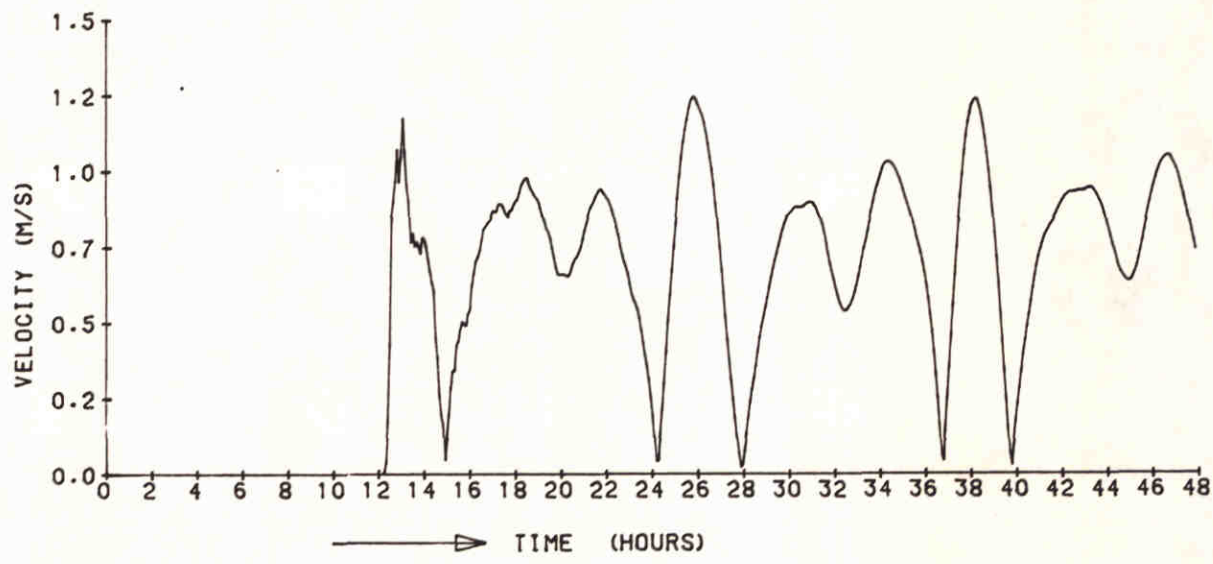
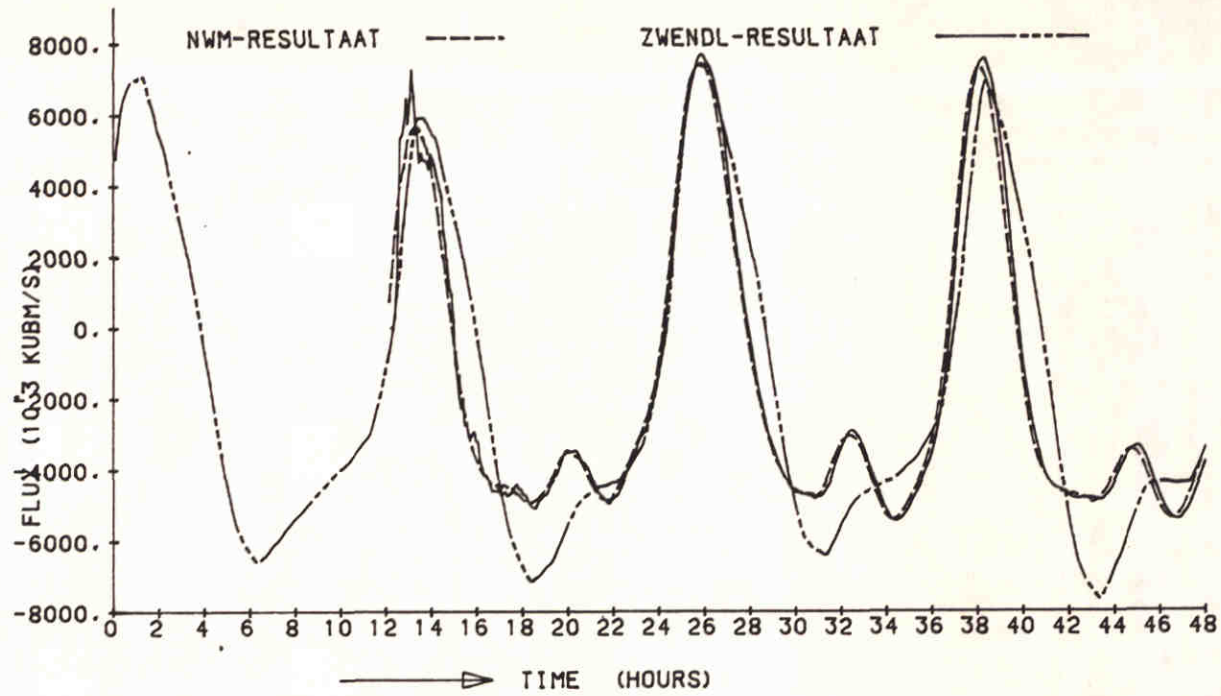
21-06-88

4-5 SEPTEMBER 1975

DELFT HYDRAULICS

Z-279-00

FIG. 24



MODEL SEICHES EUROPOORT
 TIME-SERIES: KM 1026 (DEBIET)

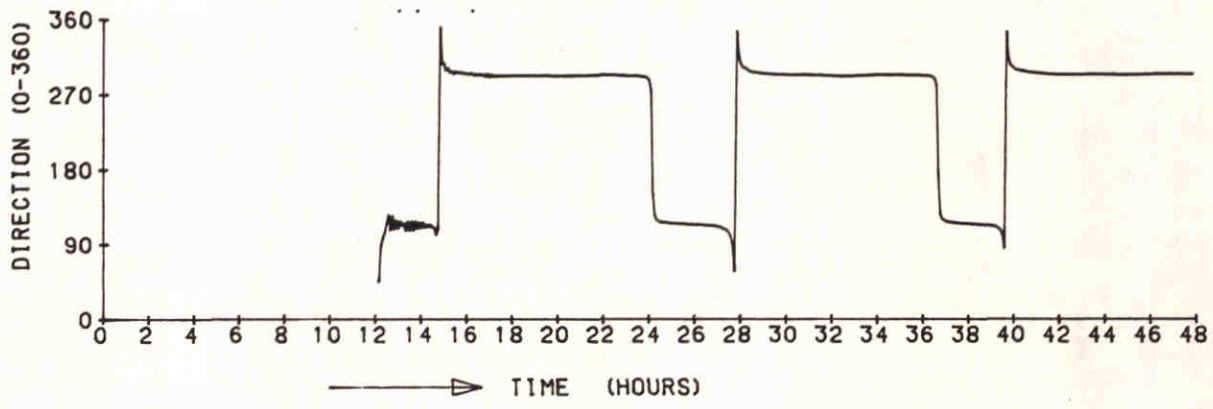
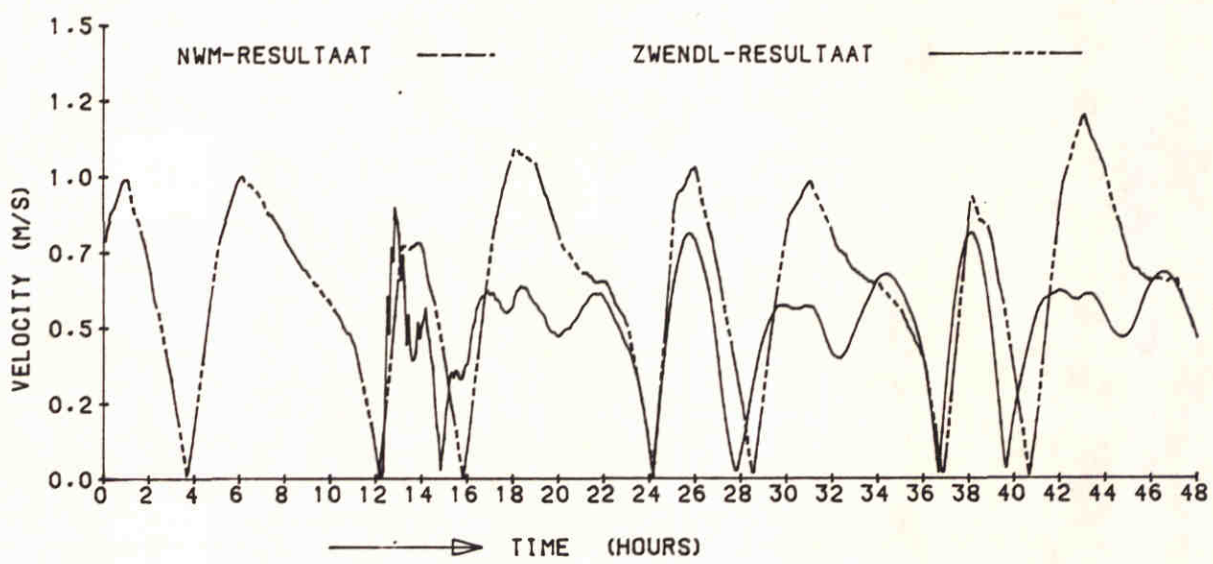
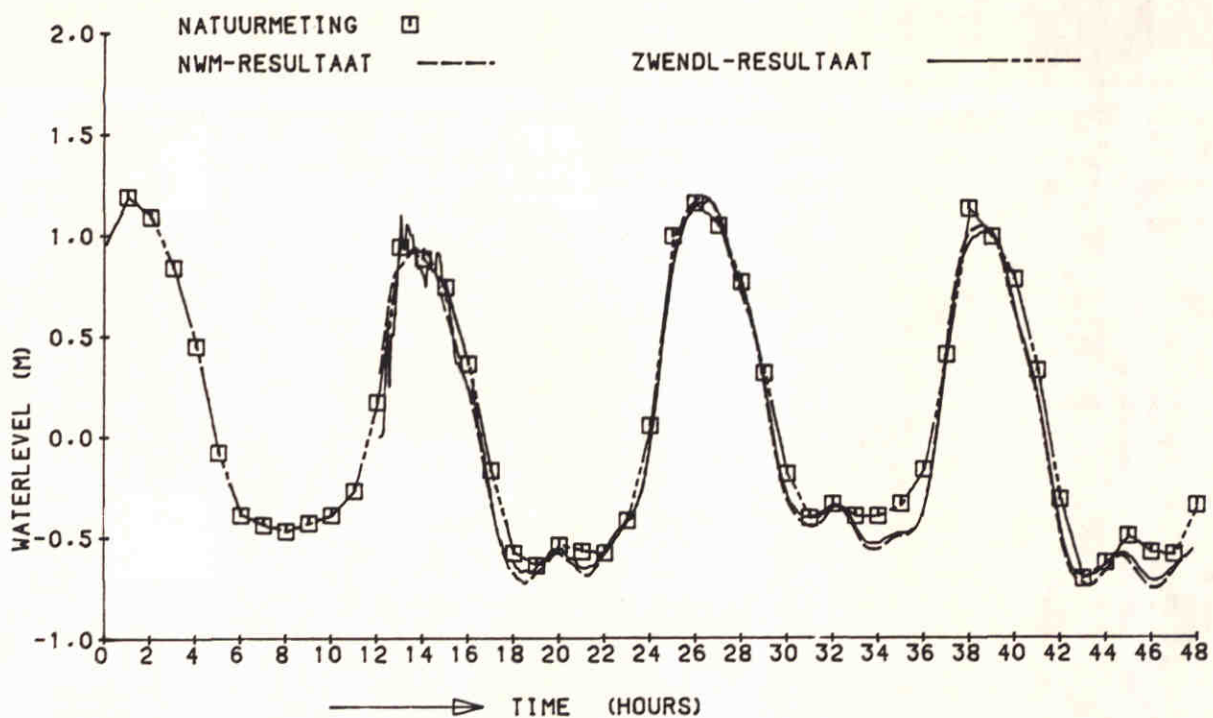
OPC=SNW 21-06-88

4-5 SEPTEMBER 1975

DELFT HYDRAULICS

Z-279-00

FIG.25



MODEL SEICHES EUROPOORT
 TIME-SERIES: PILOT MAAS

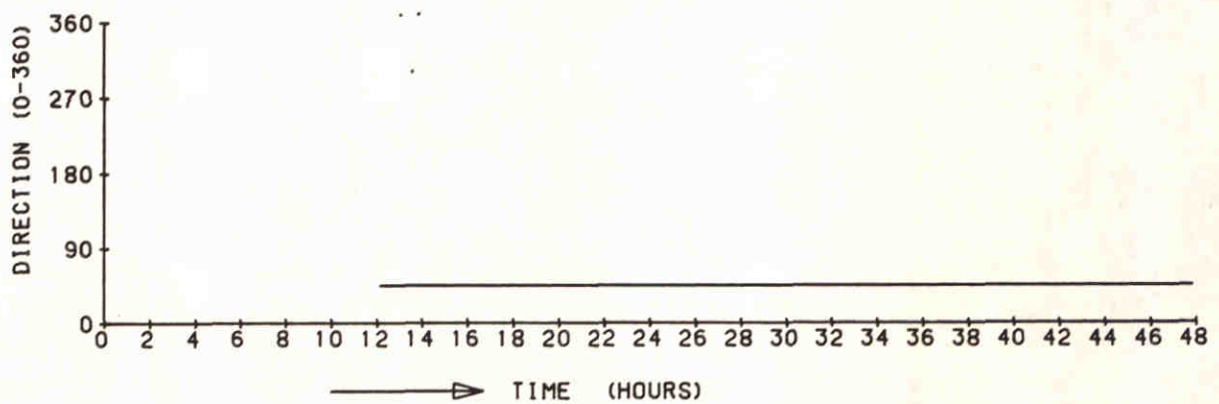
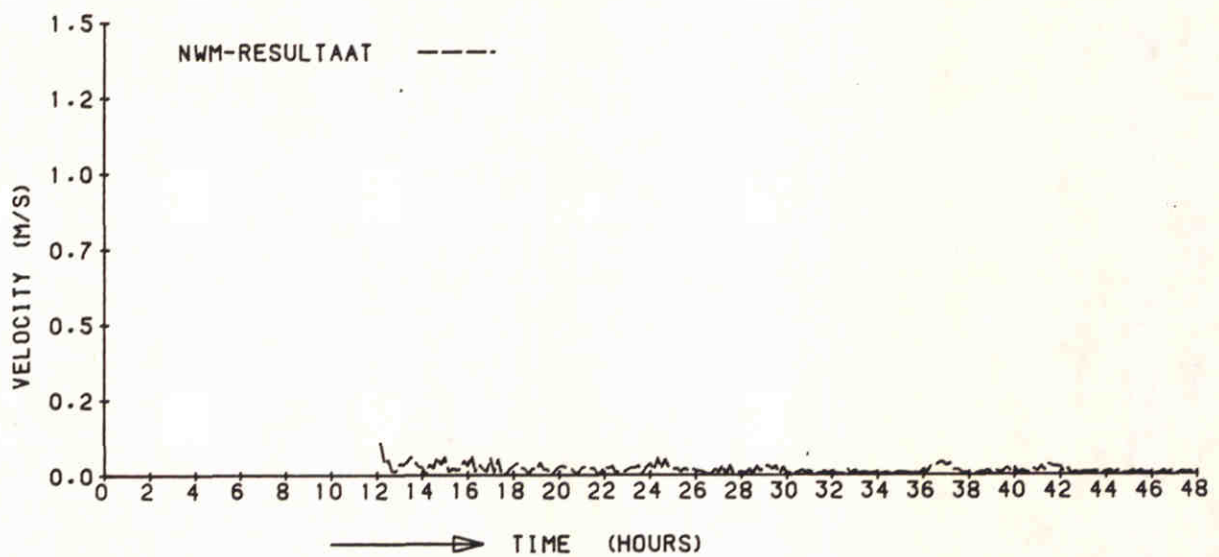
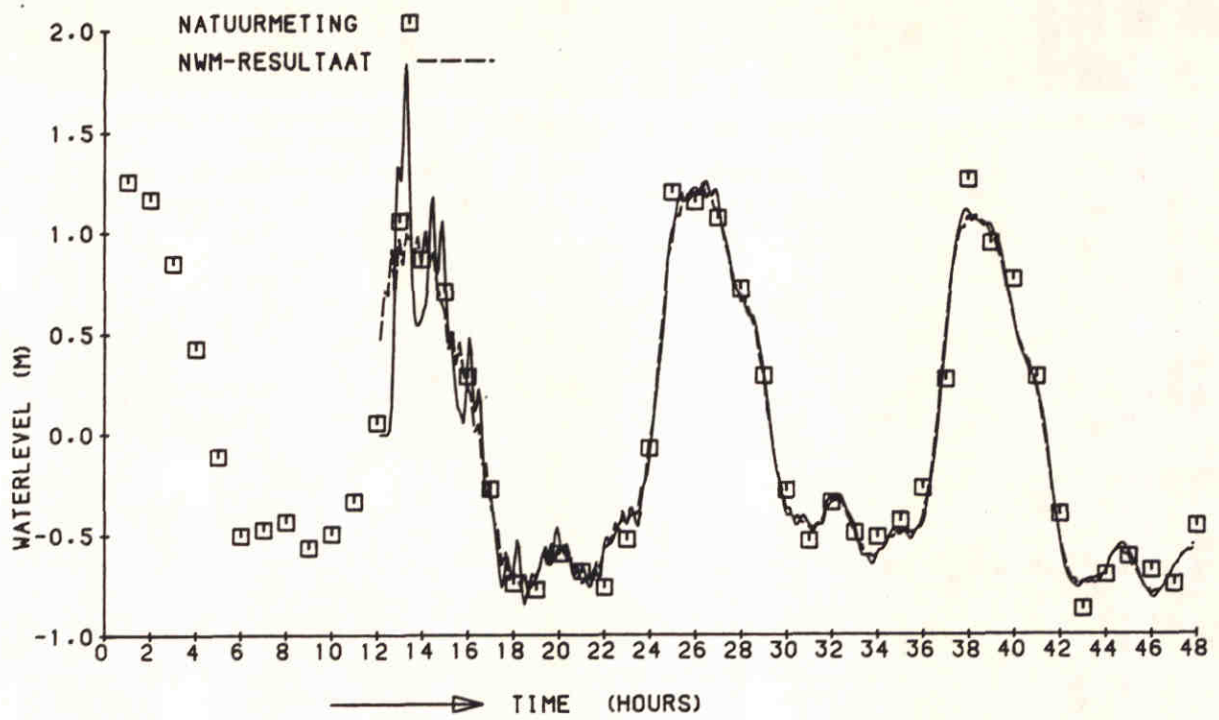
OPC=SNW 21-06-88

4-5 SEPTEMBER 1975

DELFT HYDRAULICS

Z-279-00

FIG. 26



MODEL SEICHES EUROPOORT
 TIME-SERIES: ROZENBURGSESLUIS

OPC=SNW

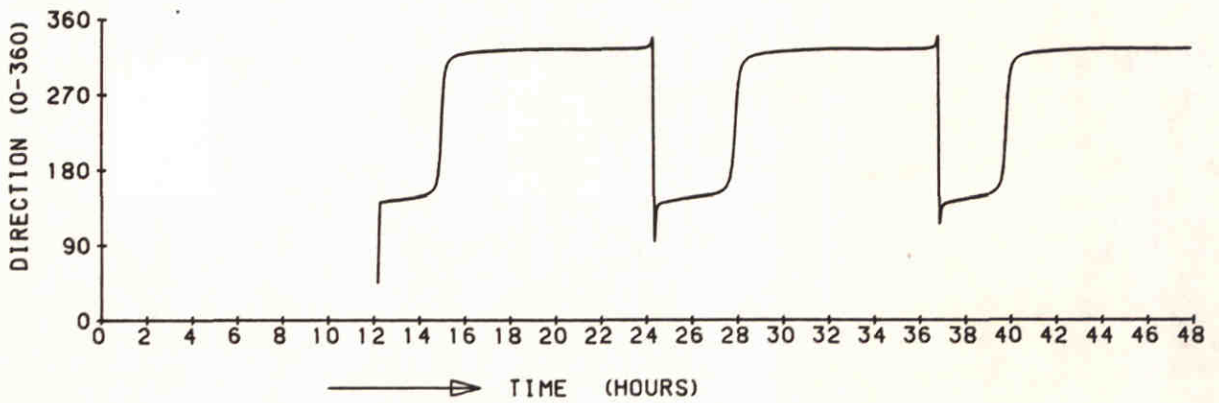
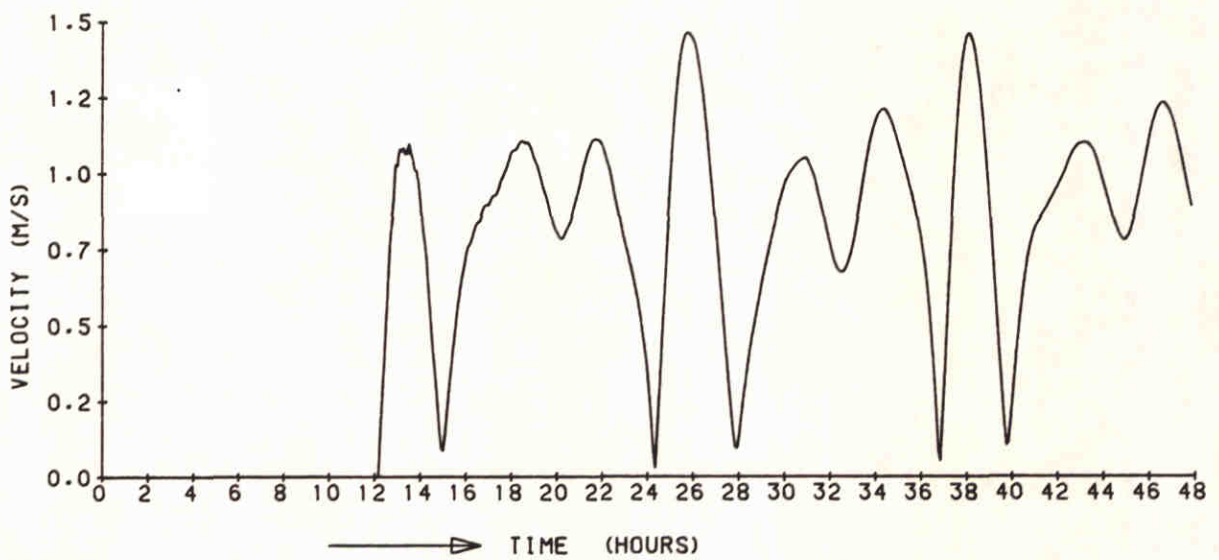
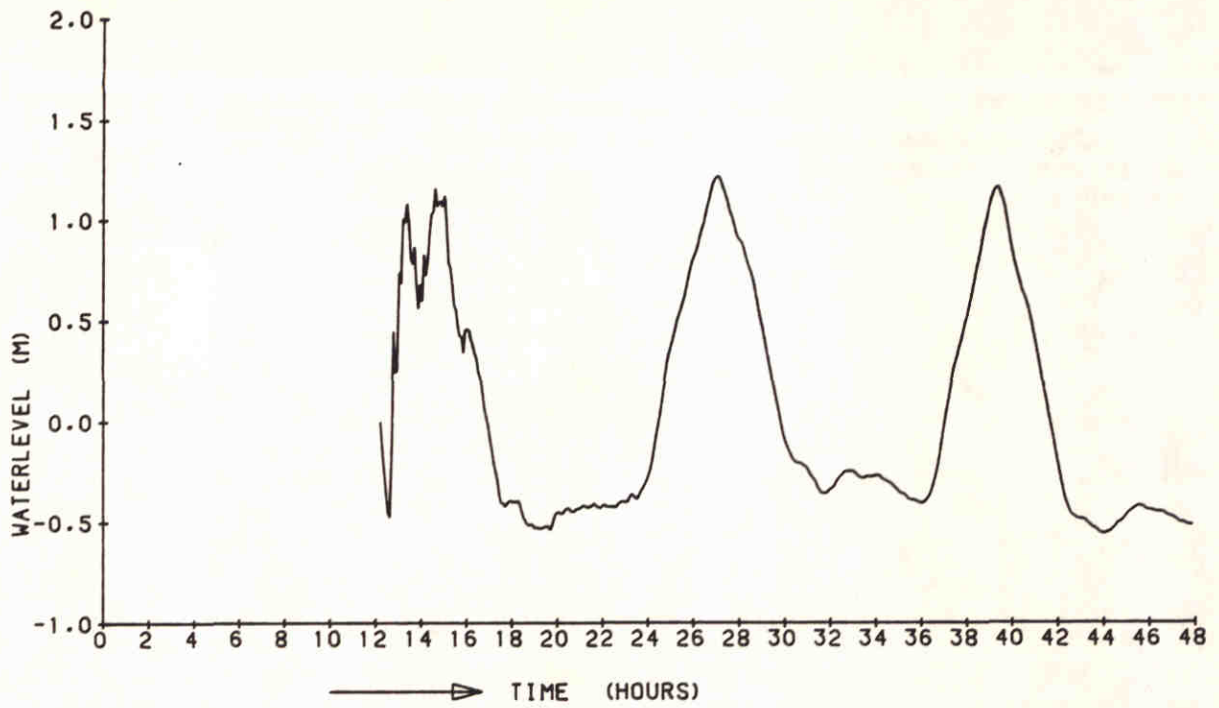
21-06-88

4-5 SEPTEMBER 1975

DELFT HYDRAULICS

Z-279-00

FIG. 27



MODEL SEICHES EUROPOORT
 TIME-SERIES: KM 1021

OPC=SN6

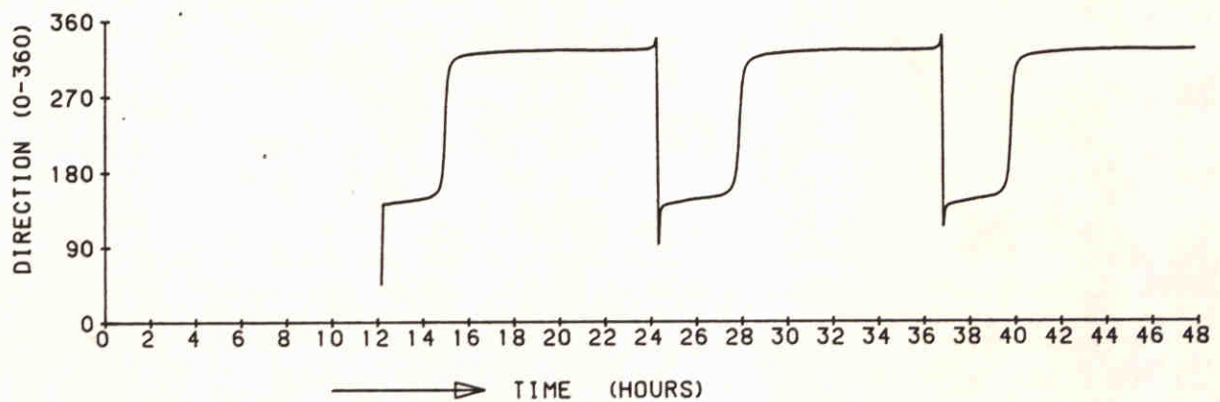
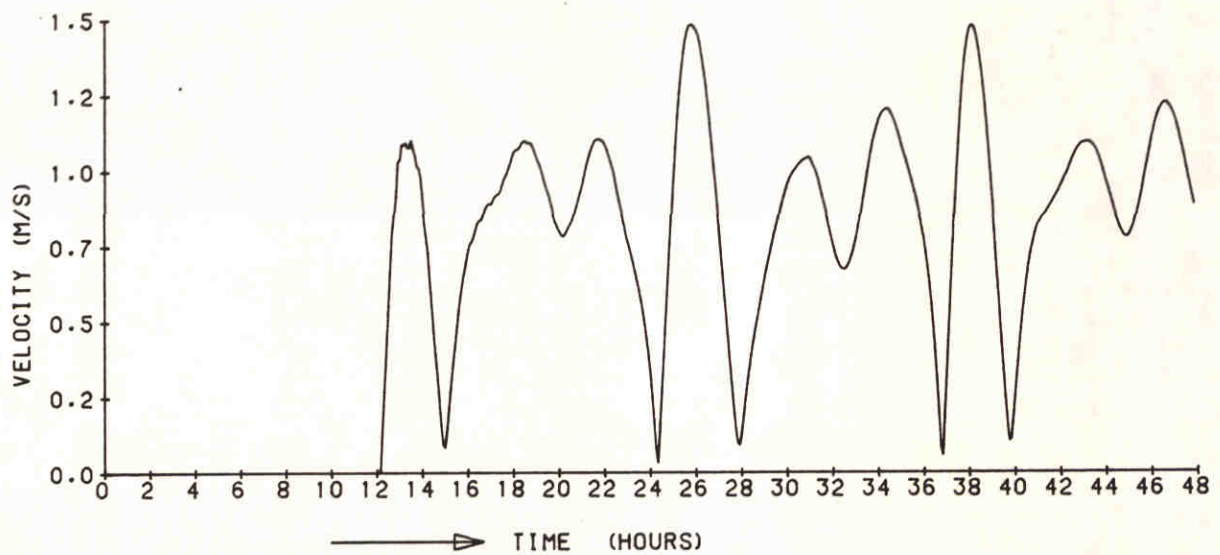
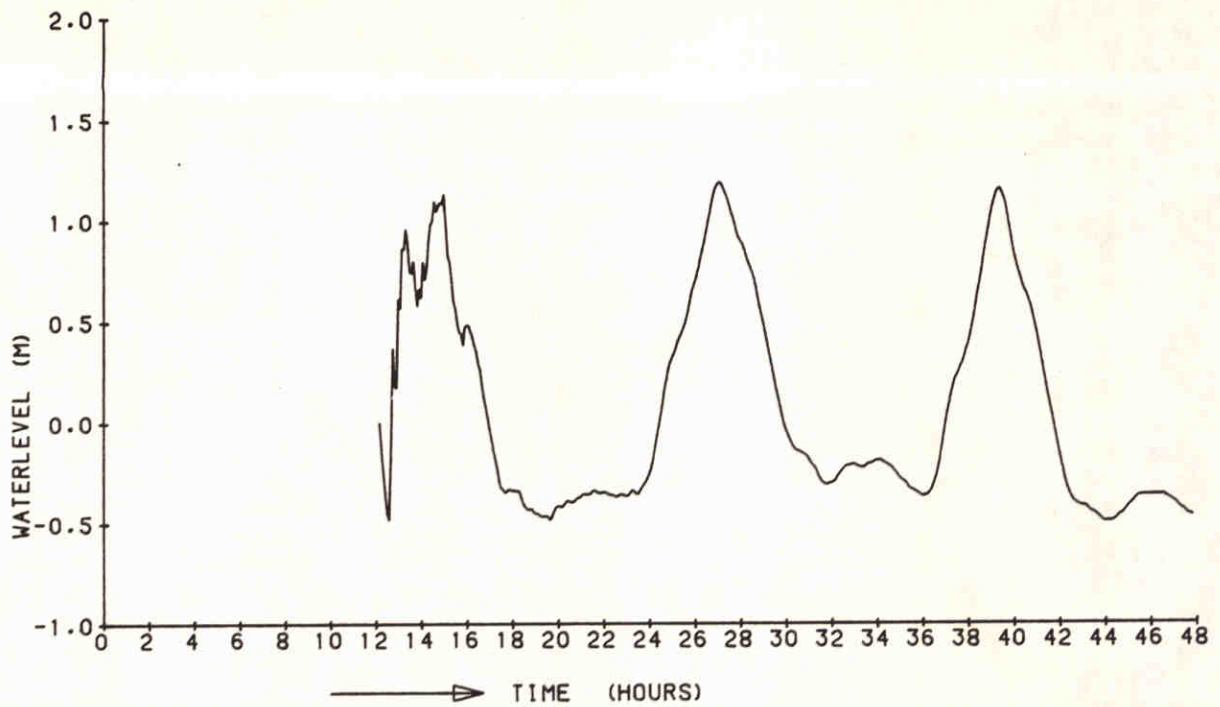
21-06-88

4-5 SEPTEMBER 1975

DELFT HYDRAULICS

Z-279-00

FIG.28



MODEL SEICHES EUROPOORT
 TIME-SERIES: KM 1021

OPC=SN7

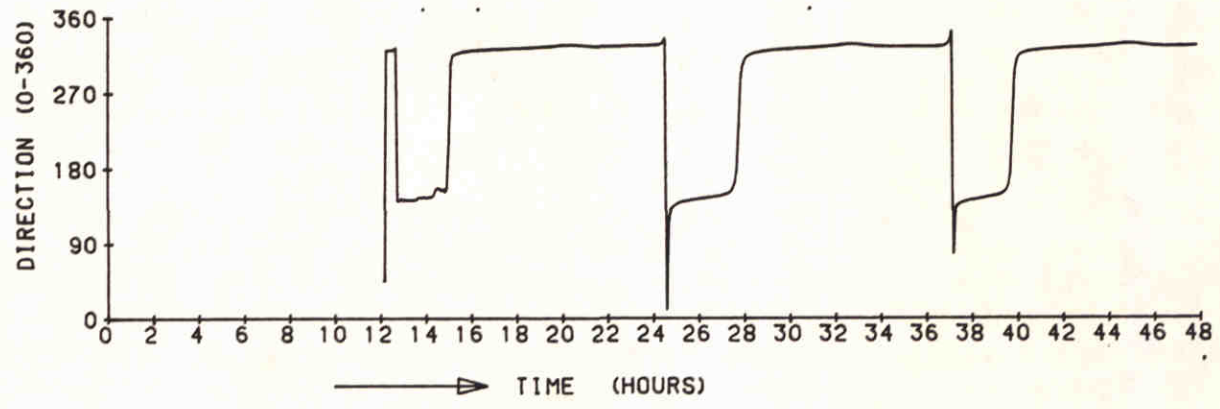
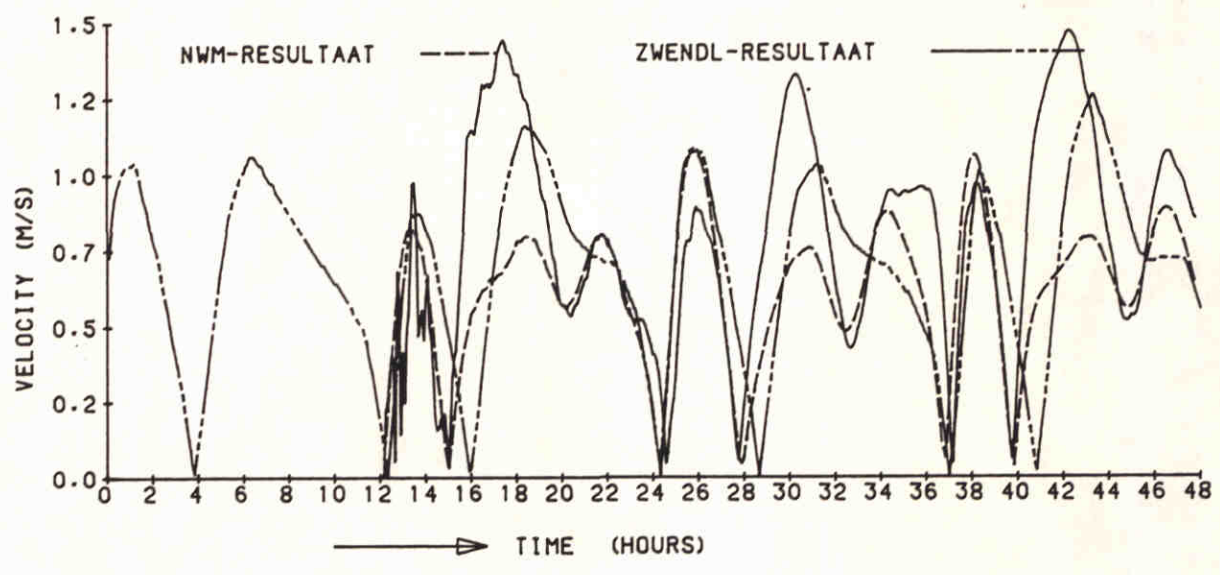
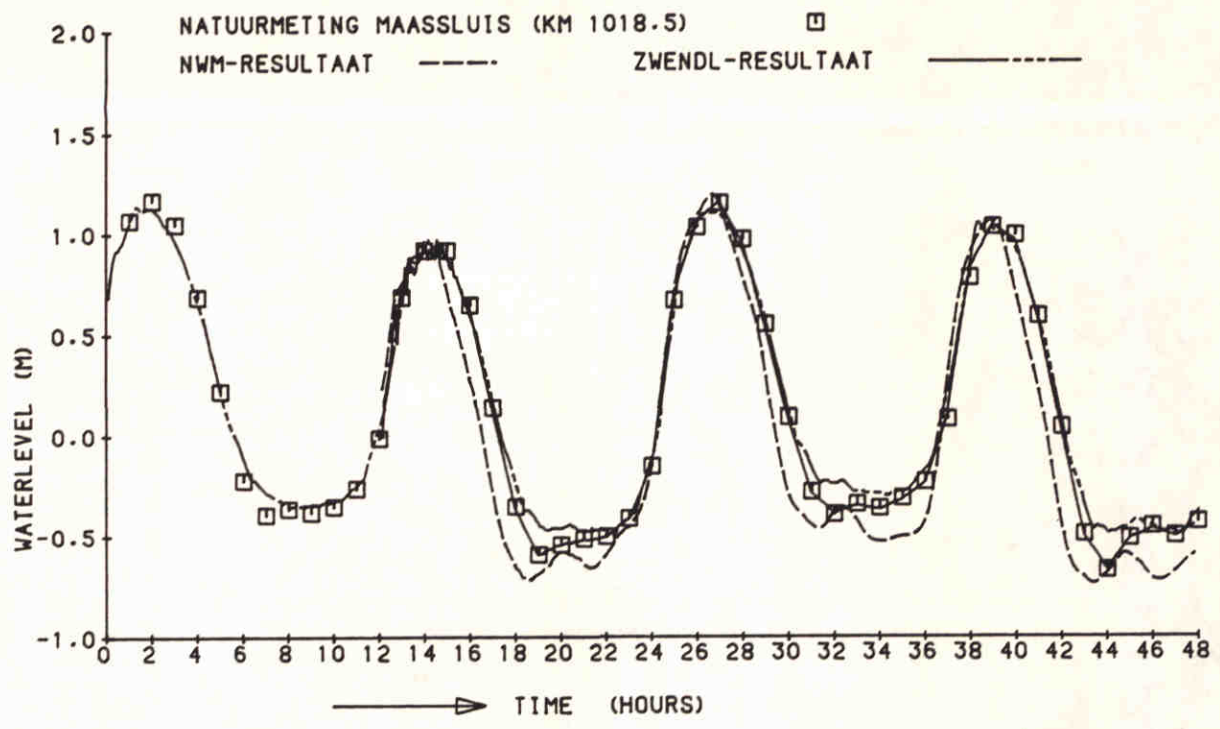
21-06-88

4-5 SEPTEMBER 1975

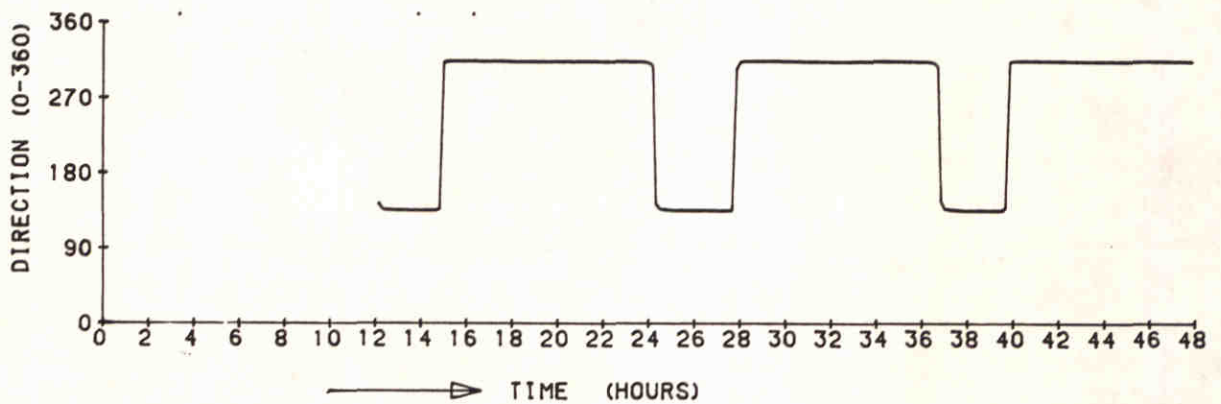
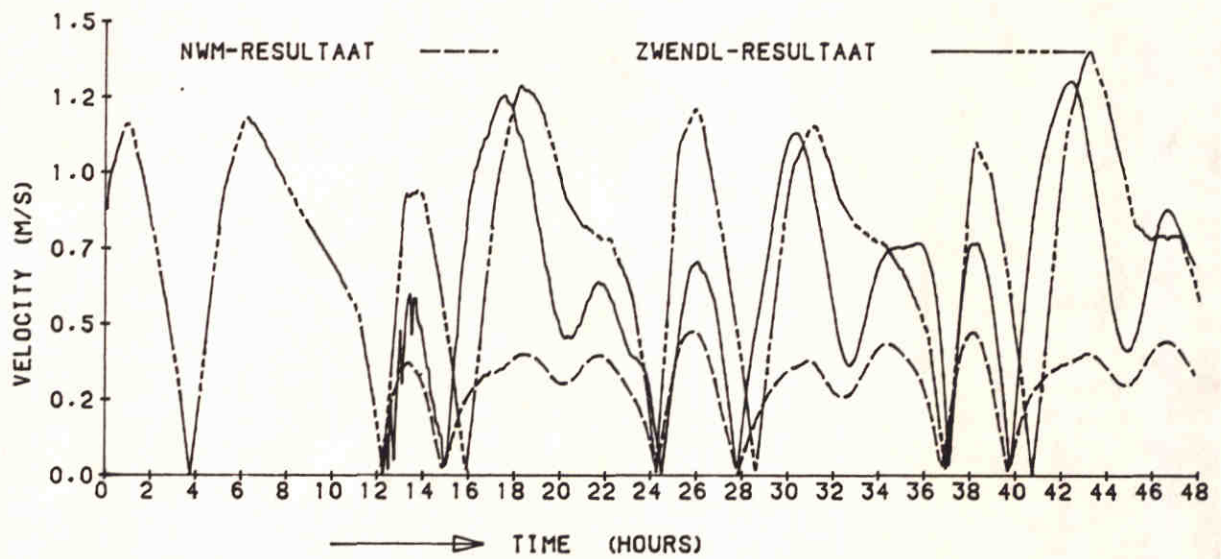
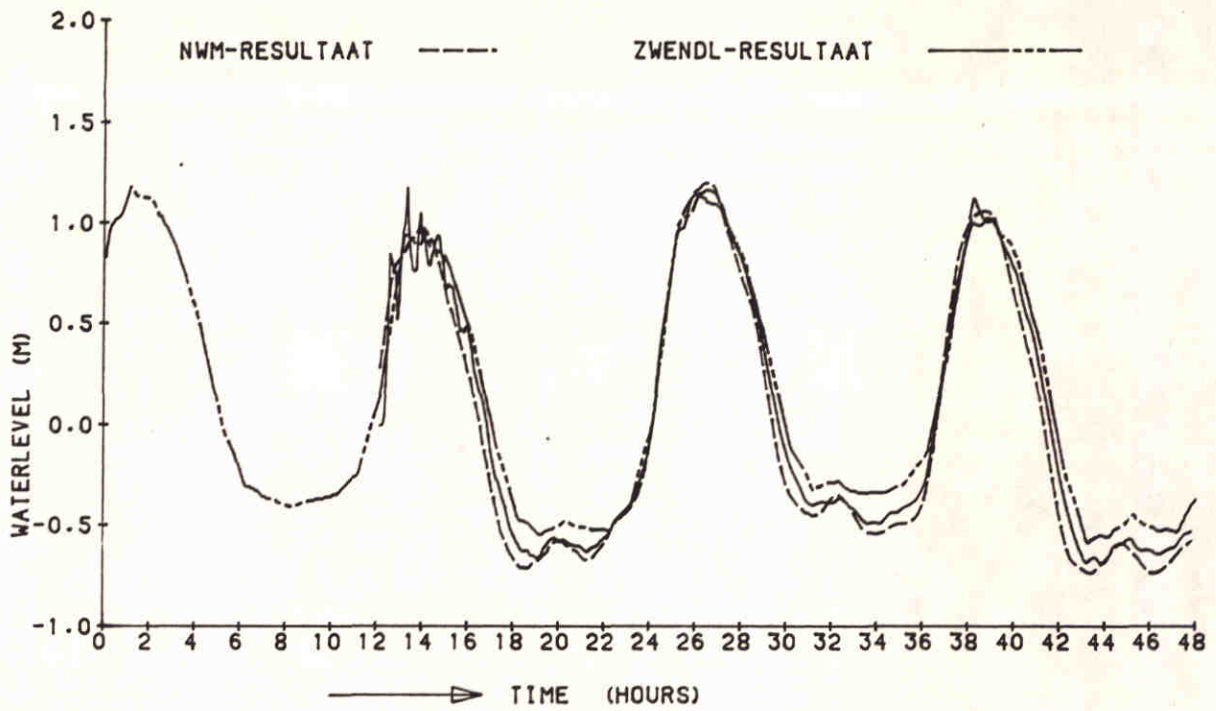
DELFT HYDRAULICS

Z-279-00

FIG. 29



MODEL SEICHES EUROPOORT TIME-SERIES: KM 1021	OPC-SN9	21-06-88
	4-5 SEPTEMBER 1975	
DELFT HYDRAULICS	Z-279-00	FIG. 30



MODEL SEICHES EUROPOORT
 TIME-SERIES: KM 1026

OPC=SN9

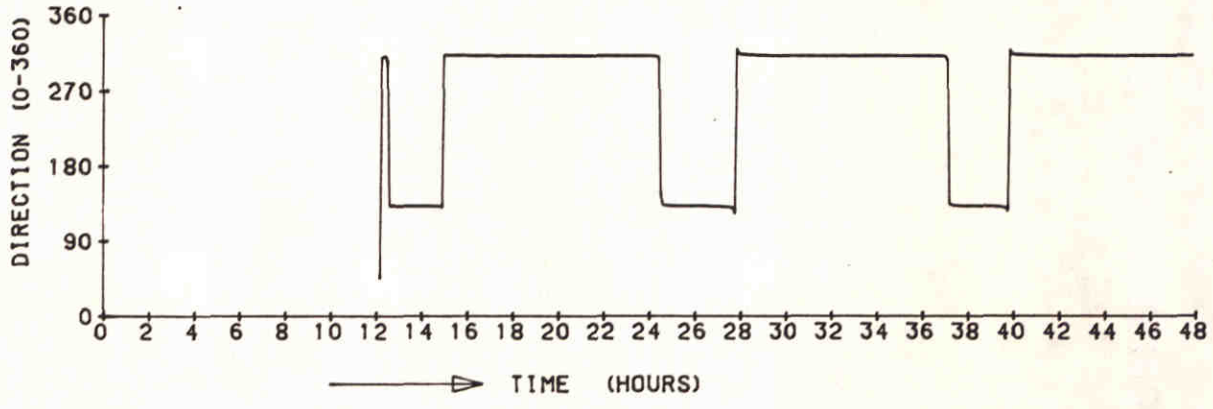
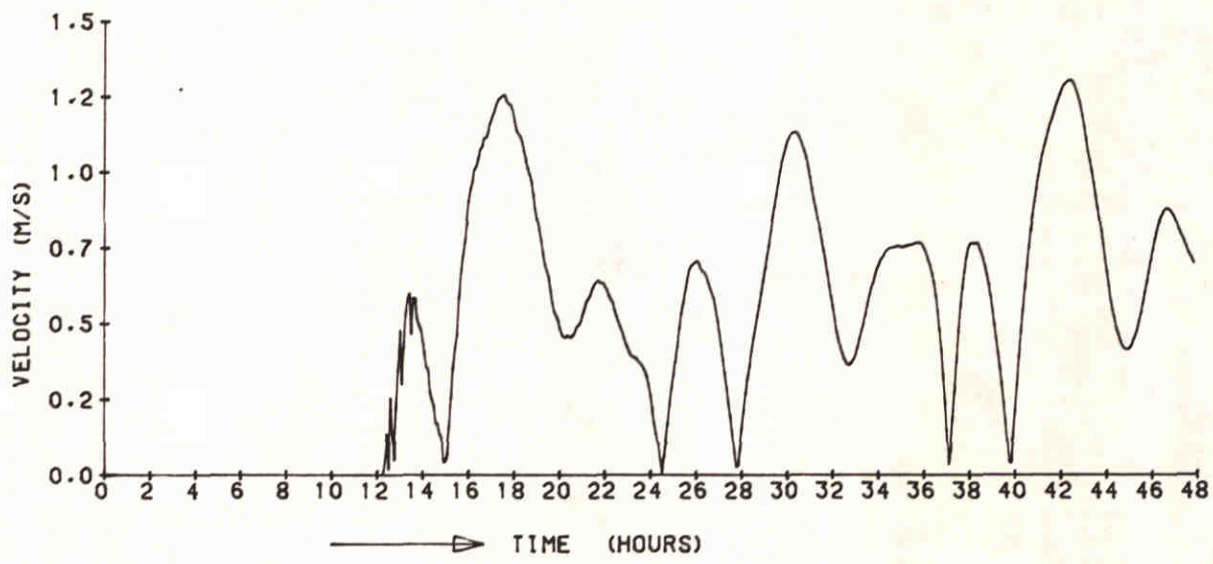
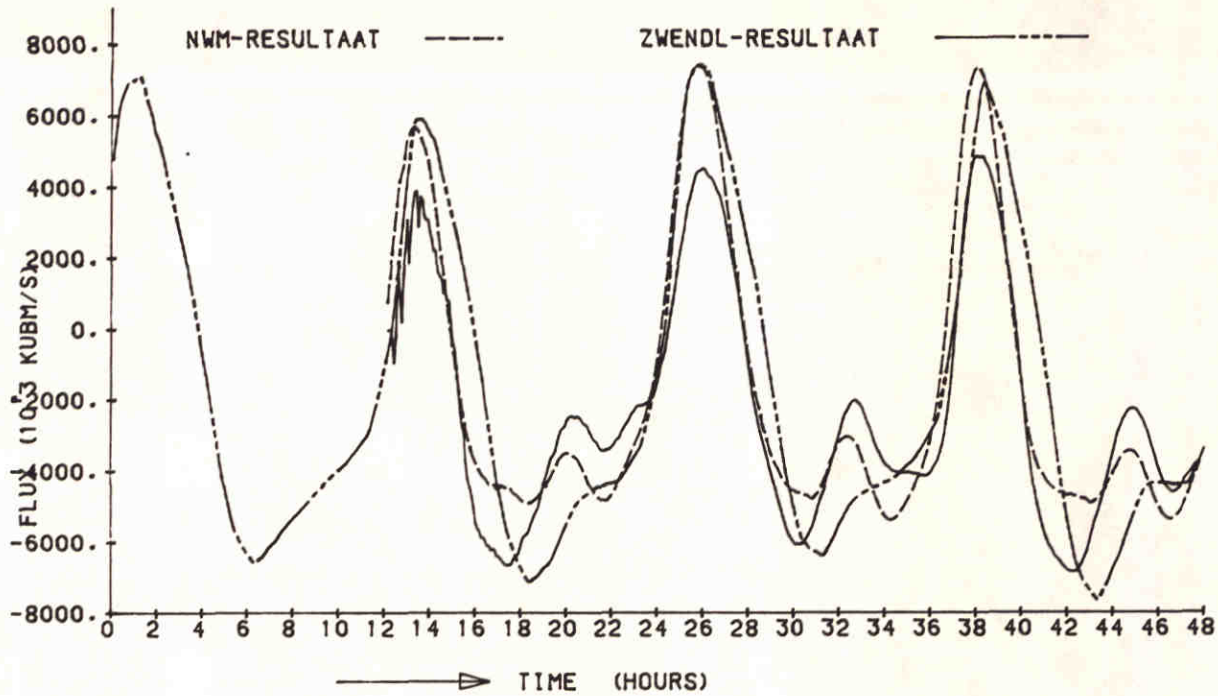
21-06-88

4-5 SEPTEMBER 1975

DELFT HYDRAULICS

Z-279-00

FIG. 31

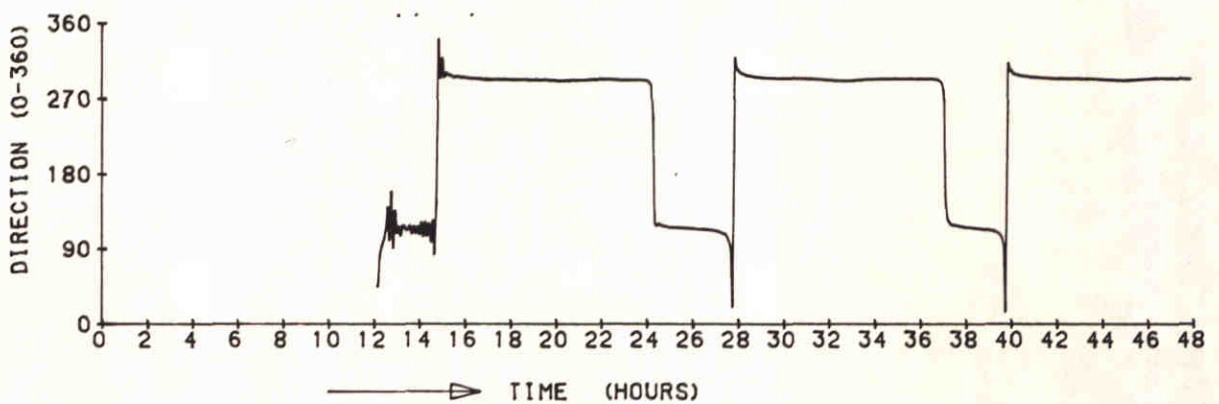
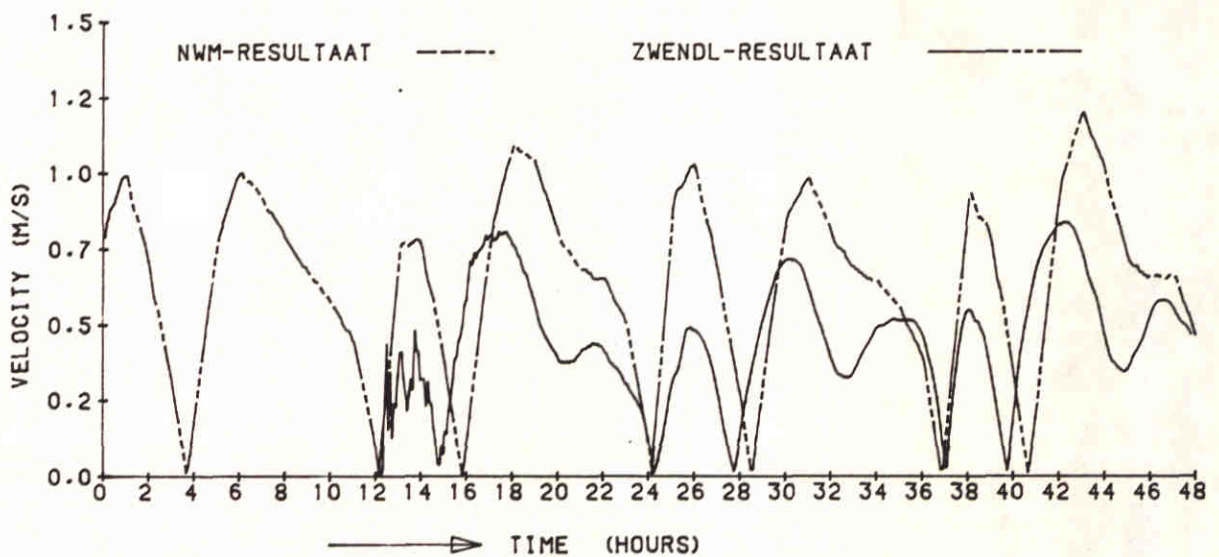
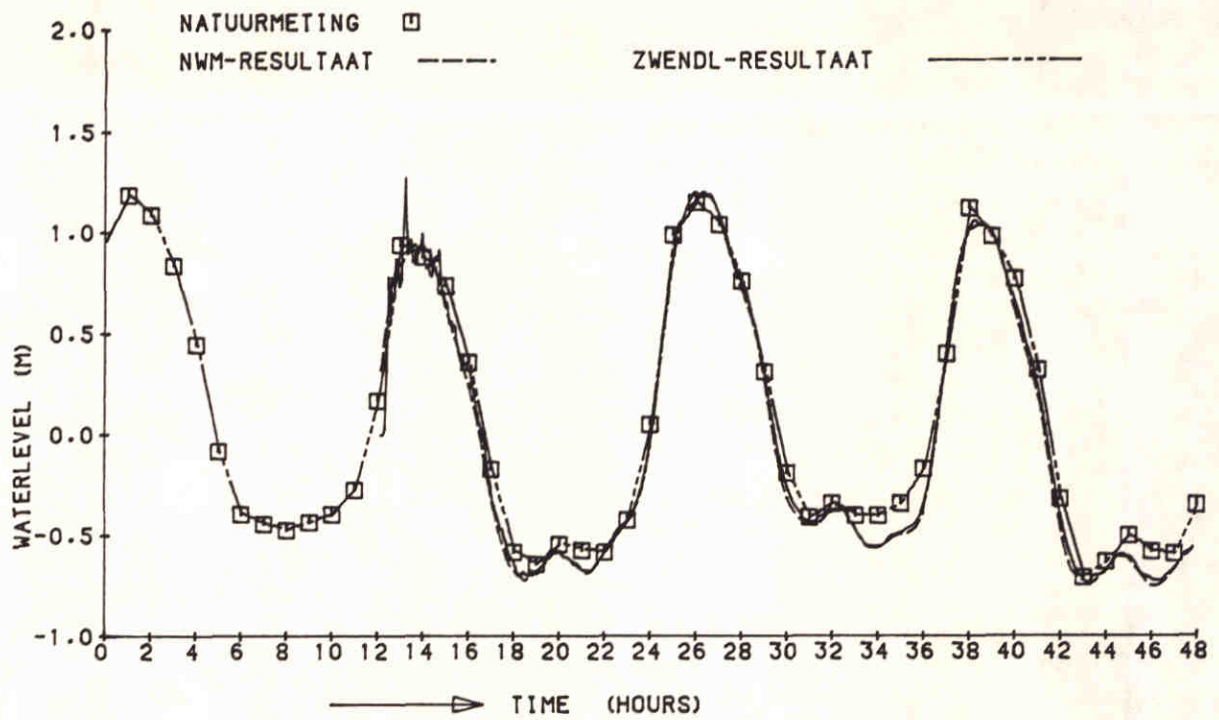


MODEL SEICHES EUROPOORT
 TIME-SERIES: KM 1026 (DEBIET)

OPC=SN9 21-06-88
 4-5 SEPTEMBER 1975

DELFT HYDRAULICS

Z-279-00 FIG. 32



MODEL SEICHES EUROPOORT
 TIME-SERIES: PILOT MAAS

OPC=SN9

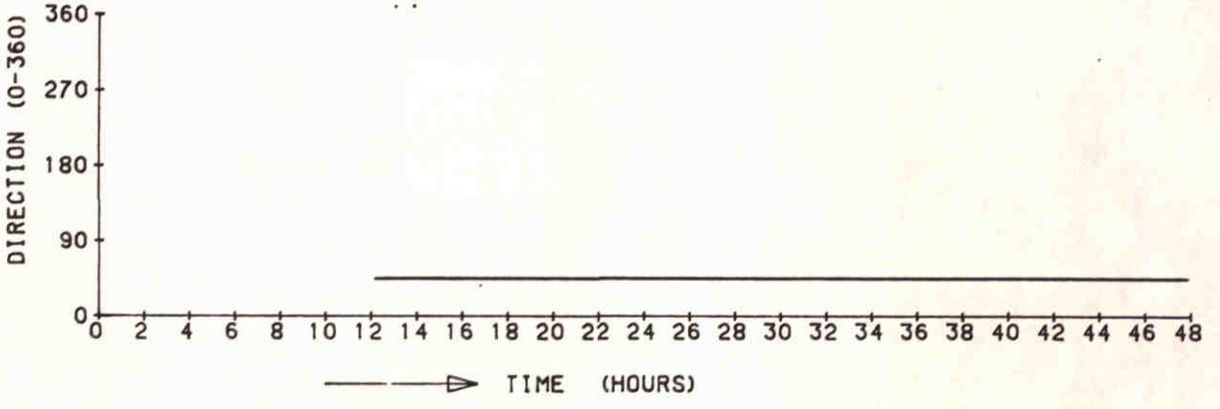
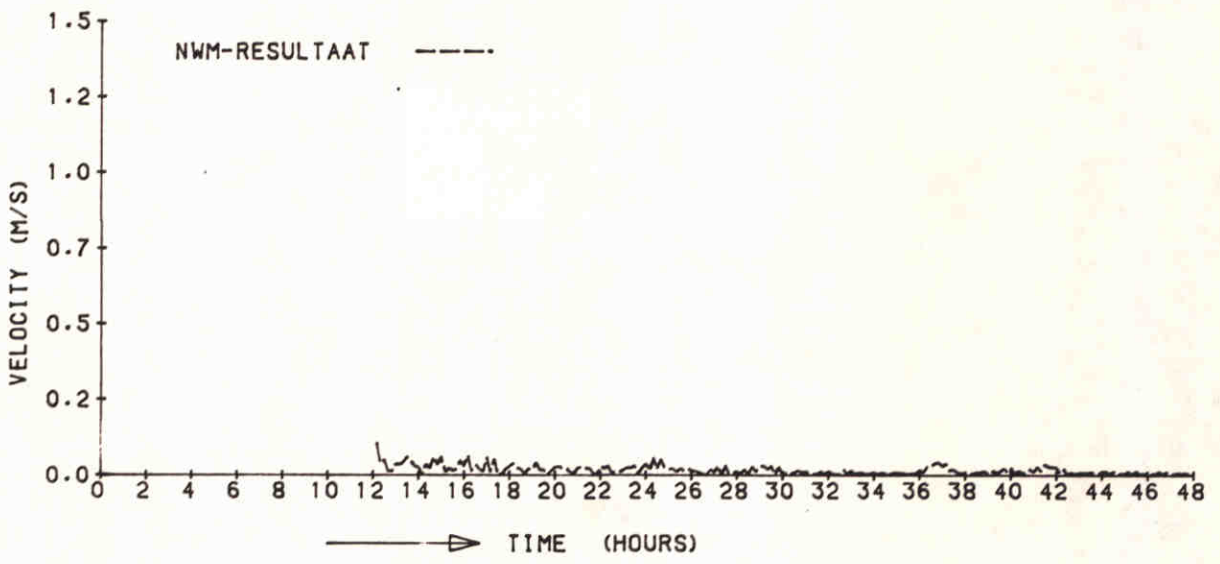
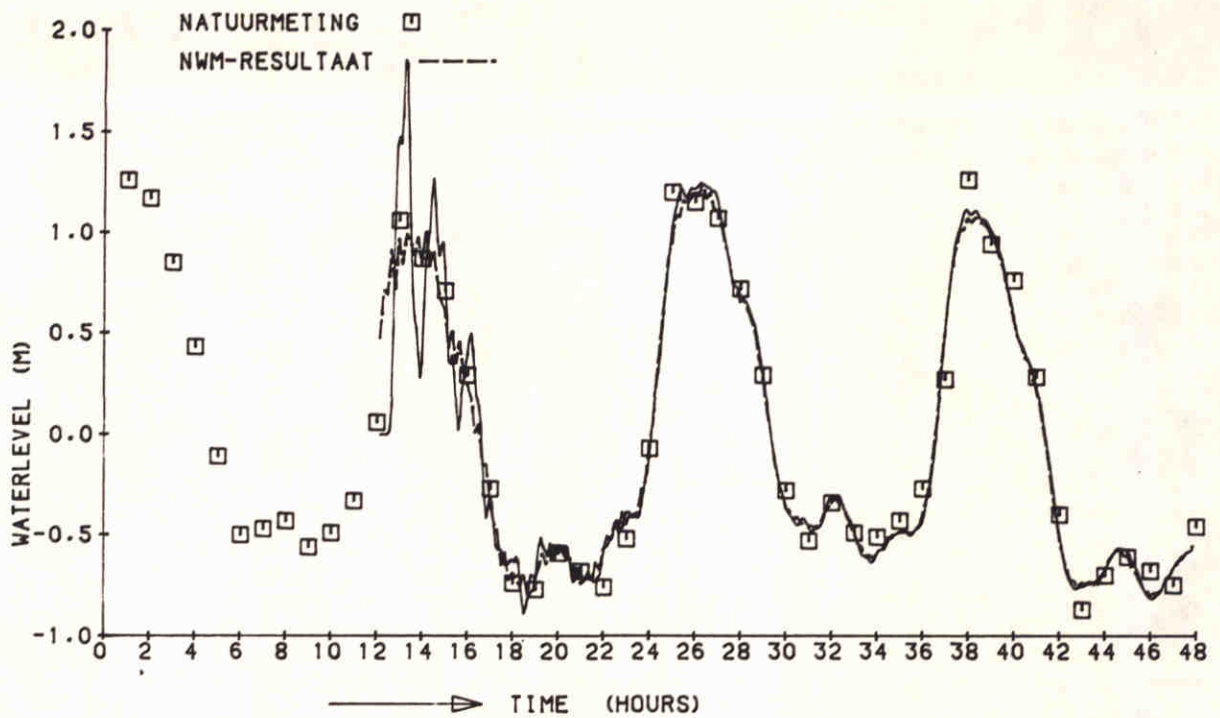
21-06-88

4-5 SEPTEMBER 1975

DELFT HYDRAULICS

Z-279-00

FIG. 33



MODEL SEICHES EUROPOORT
 TIME-SERIES: ROZENBURGESLUIJ

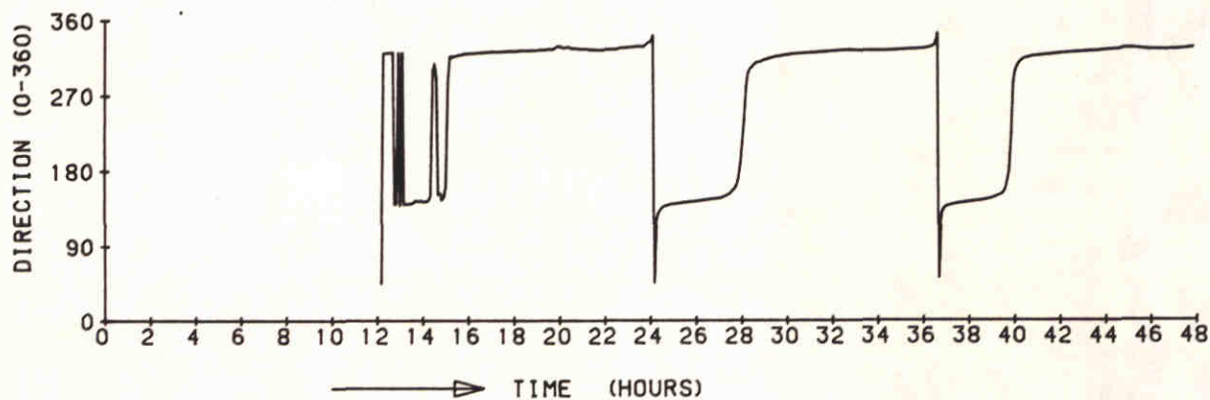
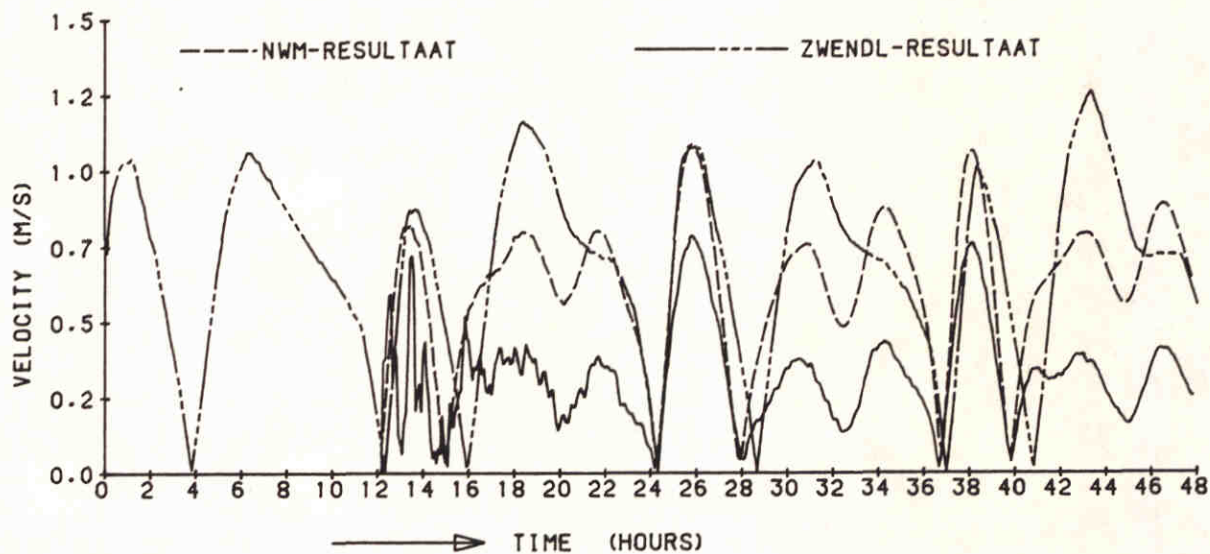
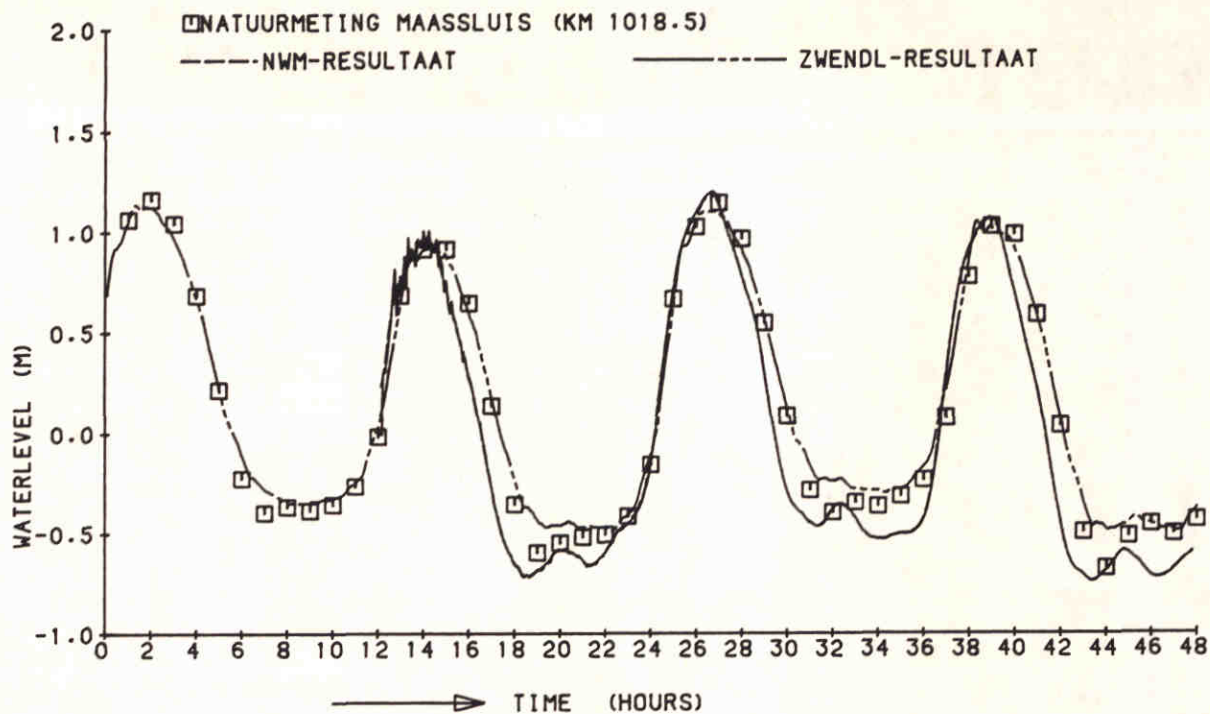
OPC=SN9 21-06-88

4-5 SEPTEMBER 1975

DELFT HYDRAULICS

Z-279-00

FIG. 34



MODEL SEICHES EUROPOORT
 TIME-SERIES: KM 1021

OPC=SW3

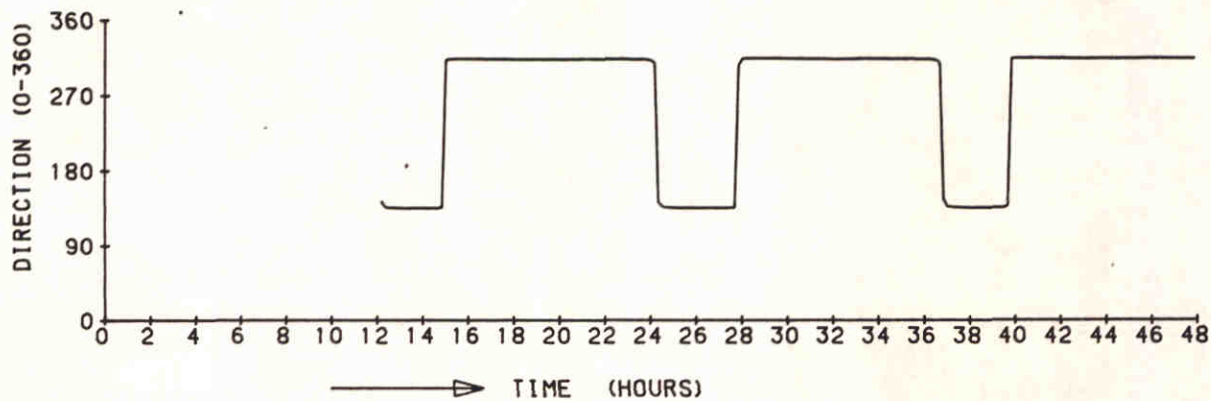
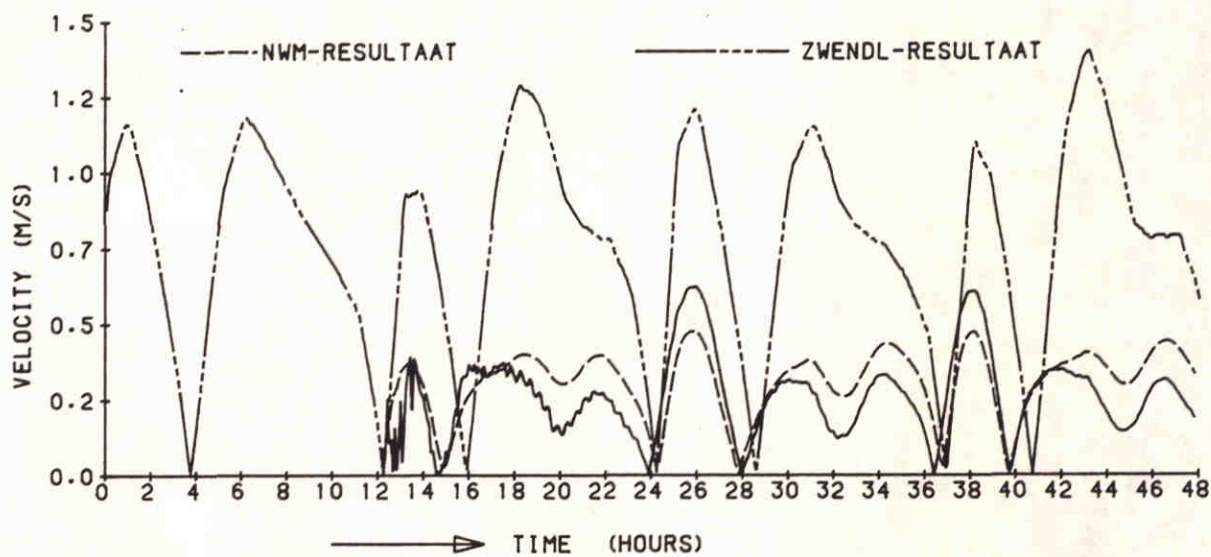
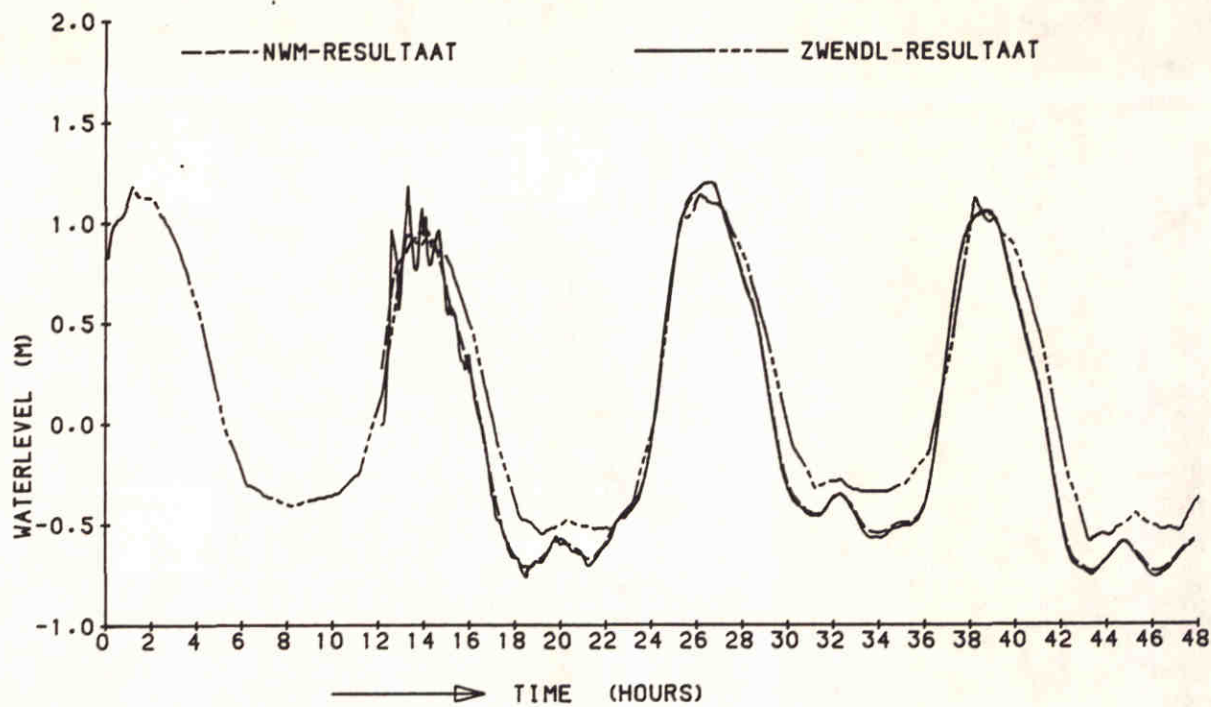
21-06-88

4-5 SEPTEMBER 1975

DELFT HYDRAULICS

Z-279-00

FIG. 35



MODEL SEICHES EUROPOORT
 TIME-SERIES: KM 1026

OPC=SW3

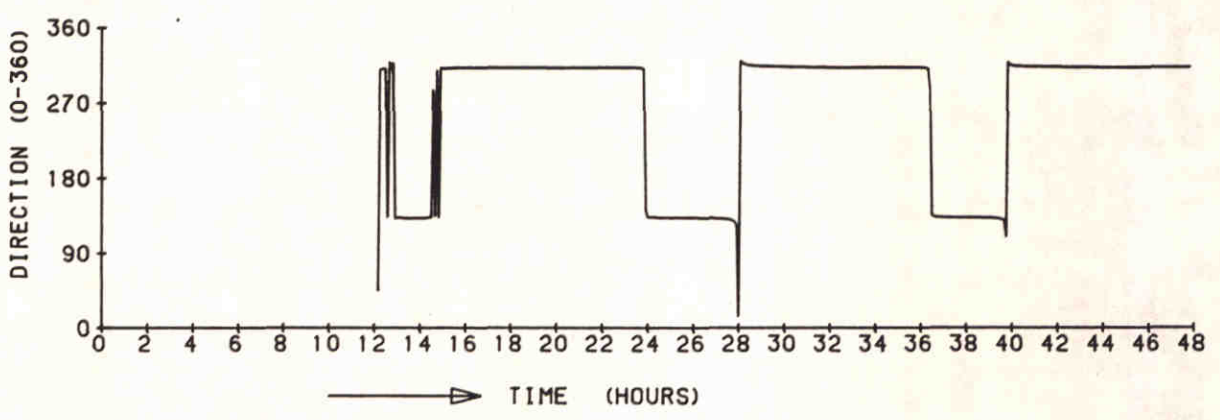
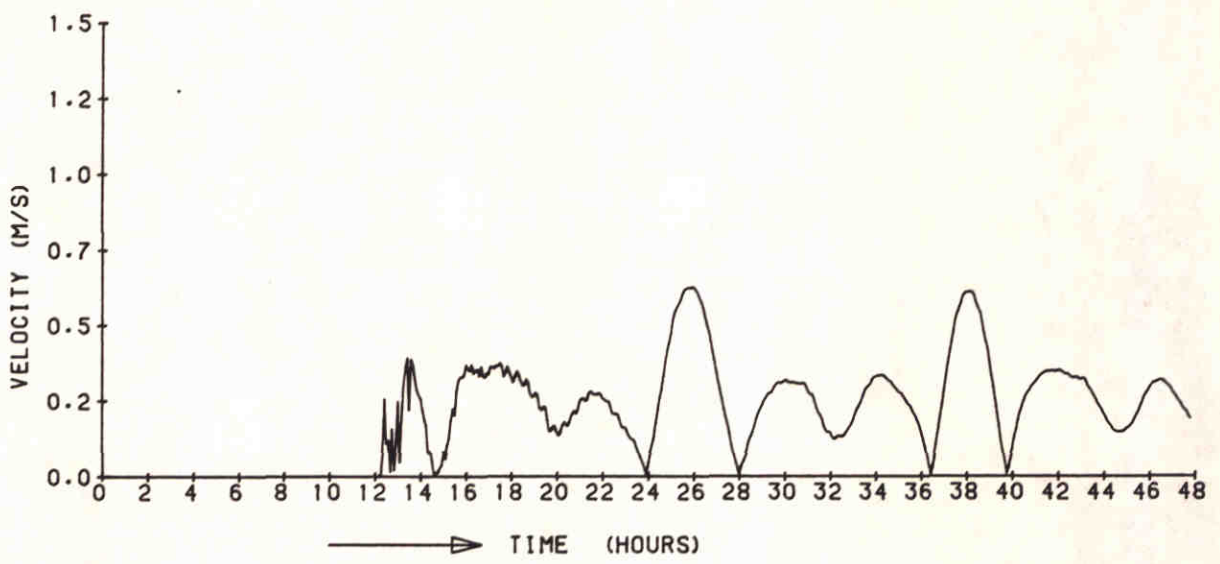
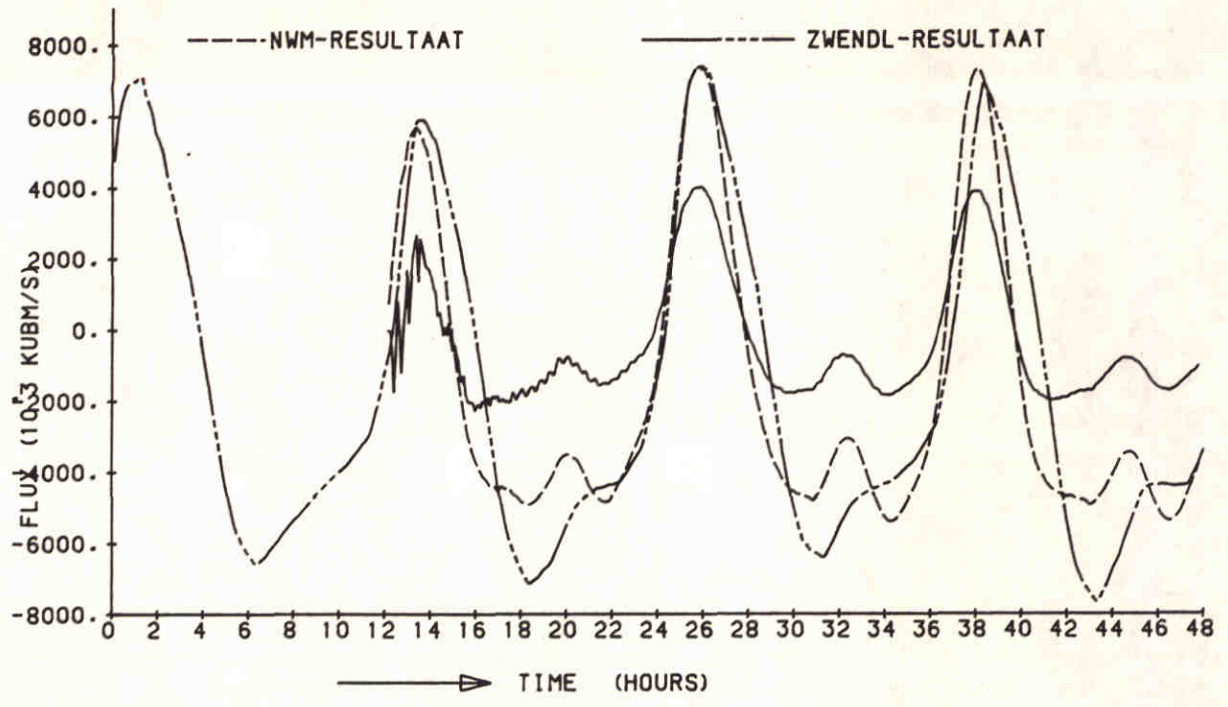
21-06-88

4-5 SEPTEMBER 1975

DELFT HYDRAULICS

Z-279-00

FIG. 36

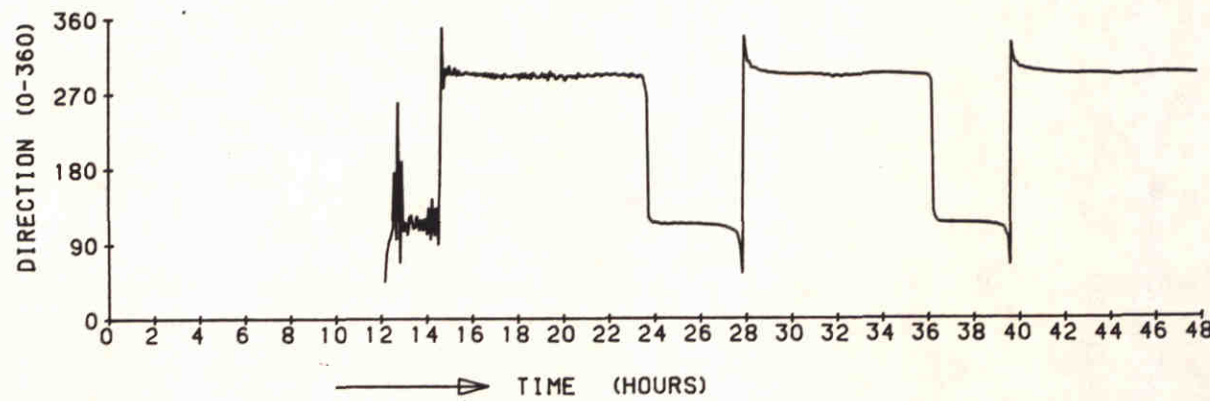
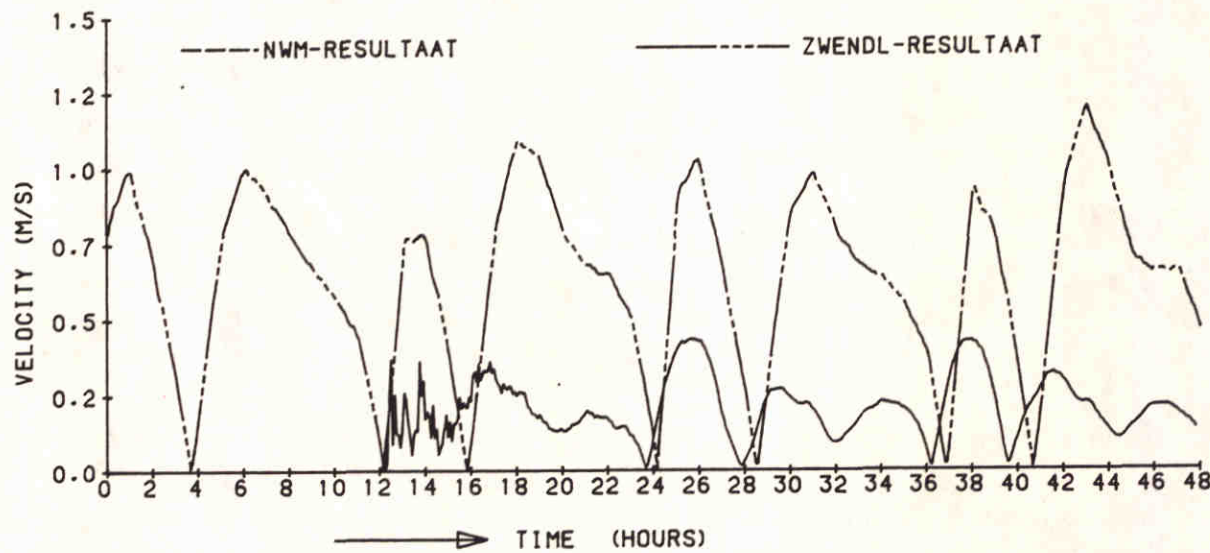
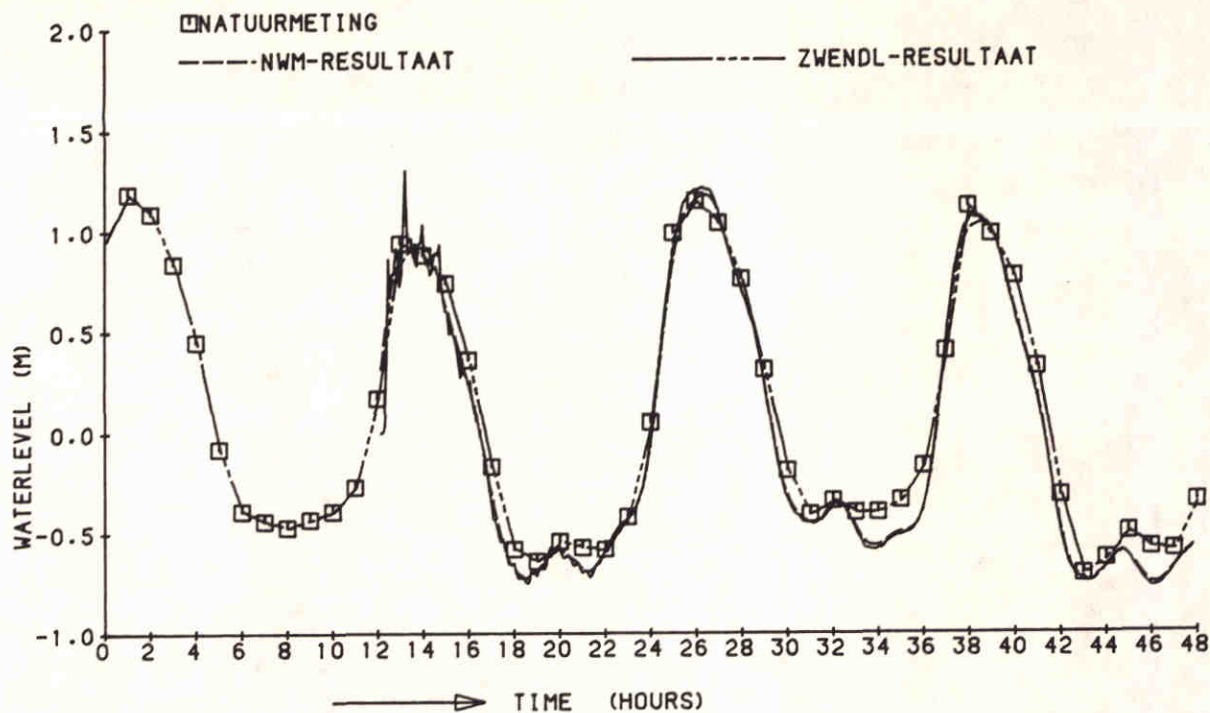


MODEL SEICHES EUROPOORT
 TIME-SERIES: KM 1026 (DEBIET)

OPC-SW3 21-06-88
 4-5 SEPTEMBER 1975

DELFT HYDRAULICS

Z-279-00 FIG. 37



MODEL SEICHES EUROPOORT
 TIME-SERIES: PILOT MAAS

OPC=SW3

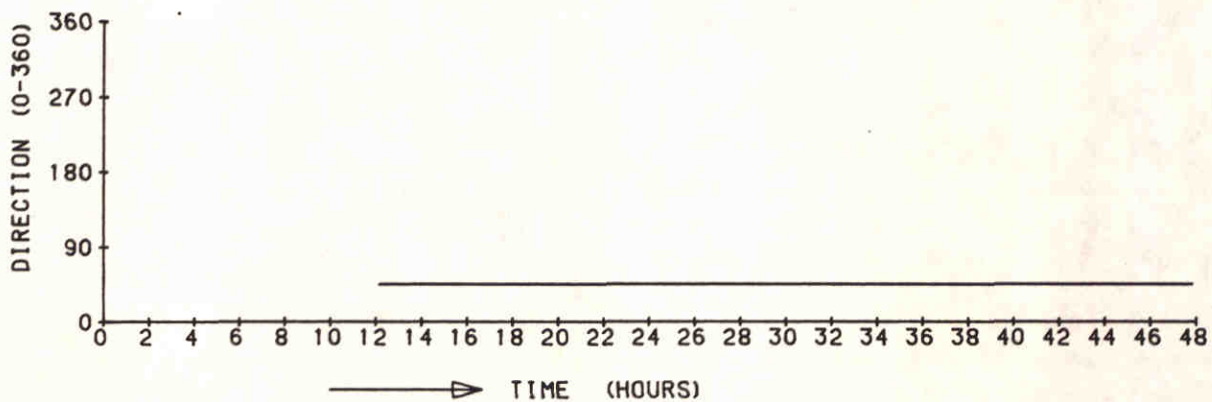
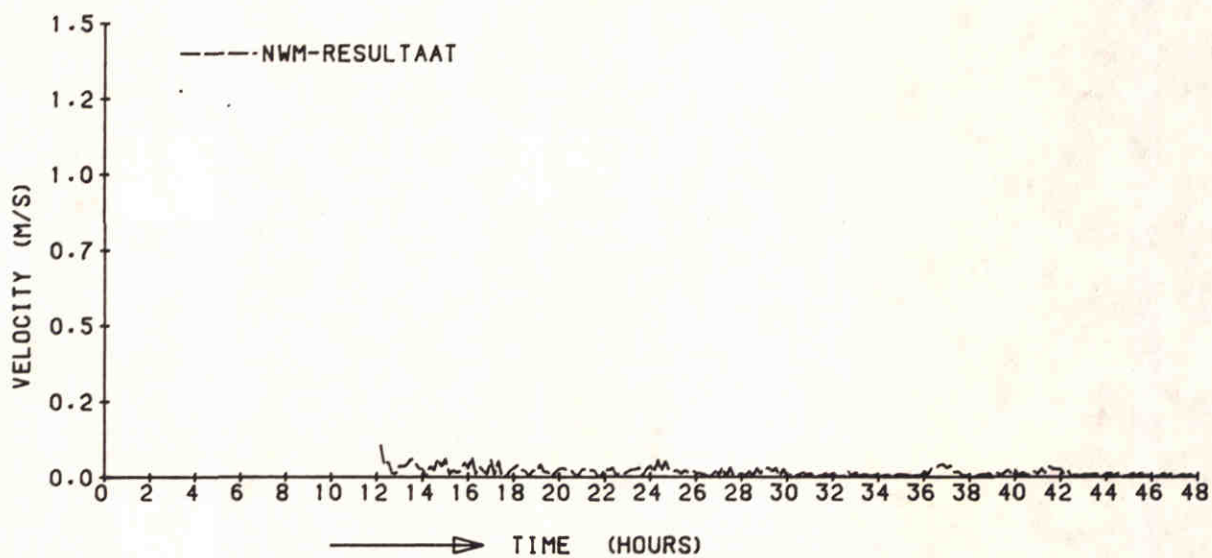
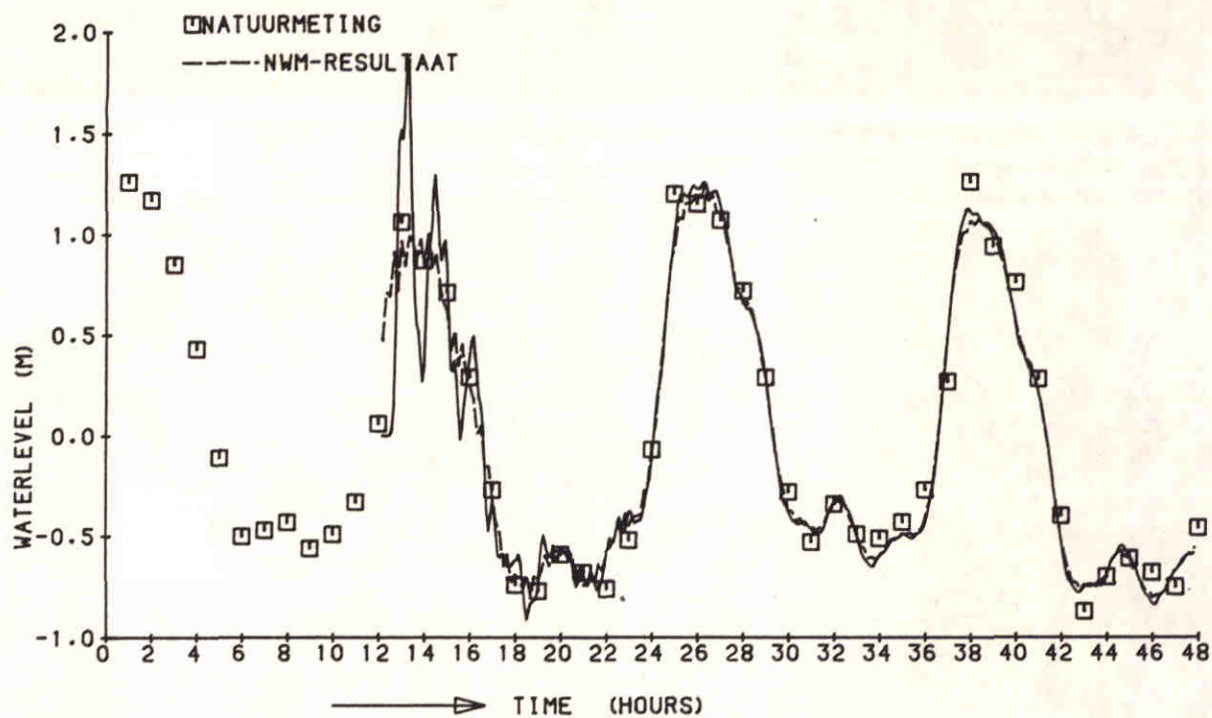
21-06-88

4-5 SEPTEMBER 1975

DELFT HYDRAULICS

Z-279-00

FIG. 38



MODEL SEICHES EUROPOORT
 TIME-SERIES: ROZENBURGSESLUIS

OPC-SW3

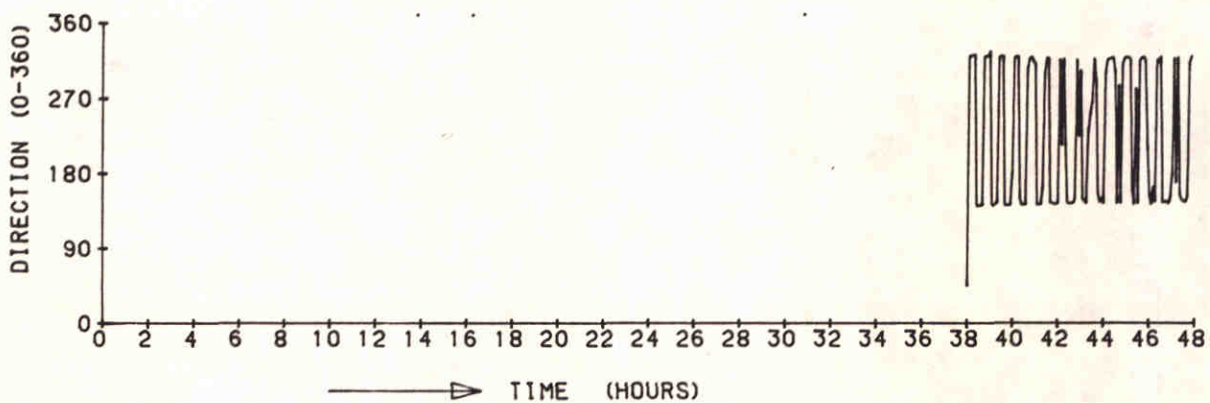
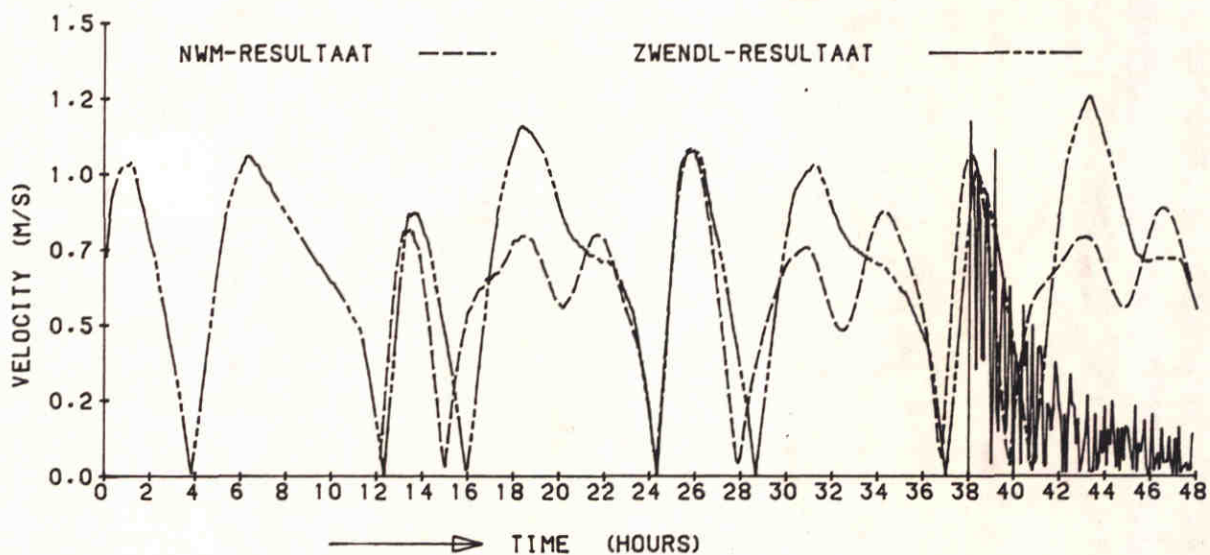
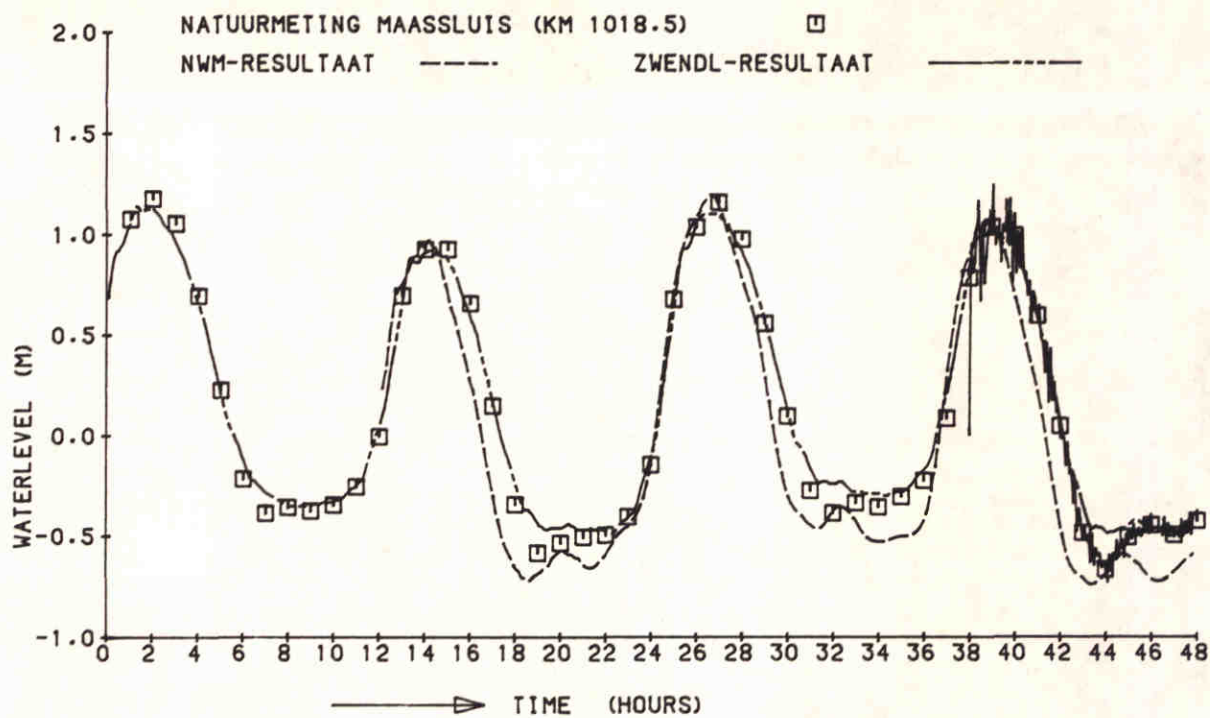
21-06-88

4-5 SEPTEMBER 1975

DELFT HYDRAULICS

Z-279-00

FIG. 39



MODEL SEICHES EUROPOORT
 TIME-SERIES: KM 1021

OPC-SW2

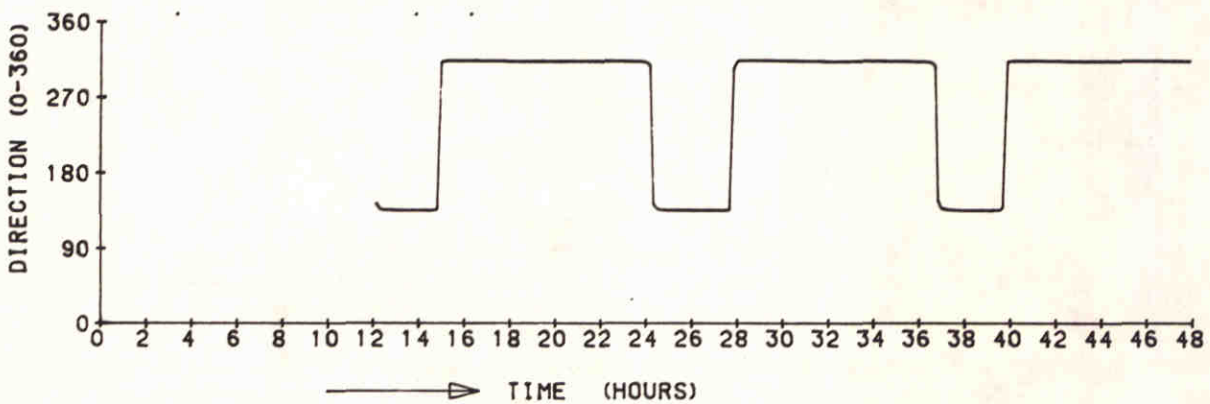
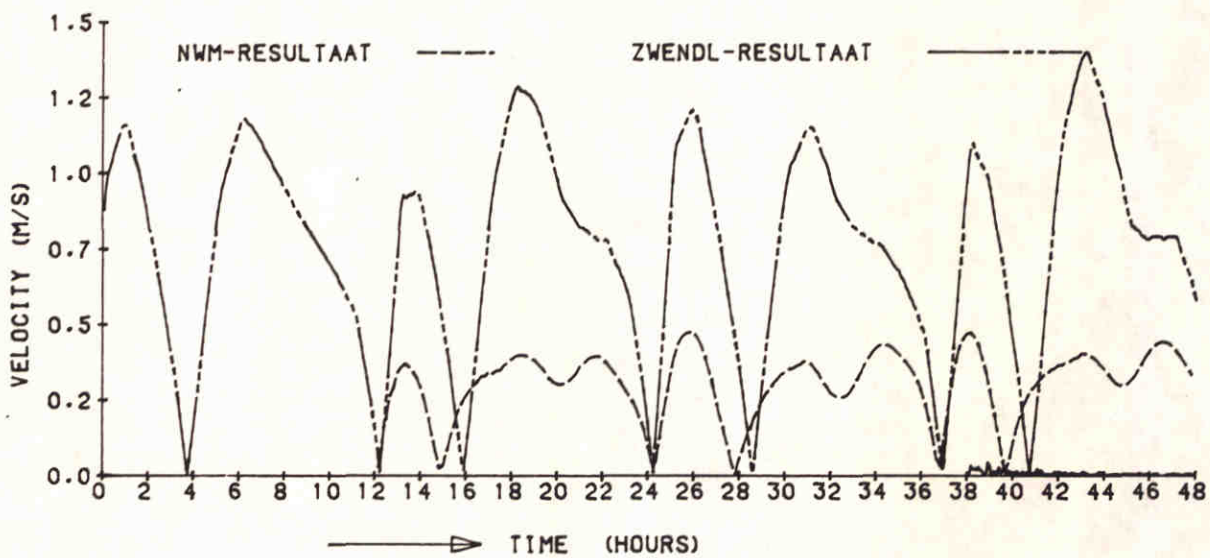
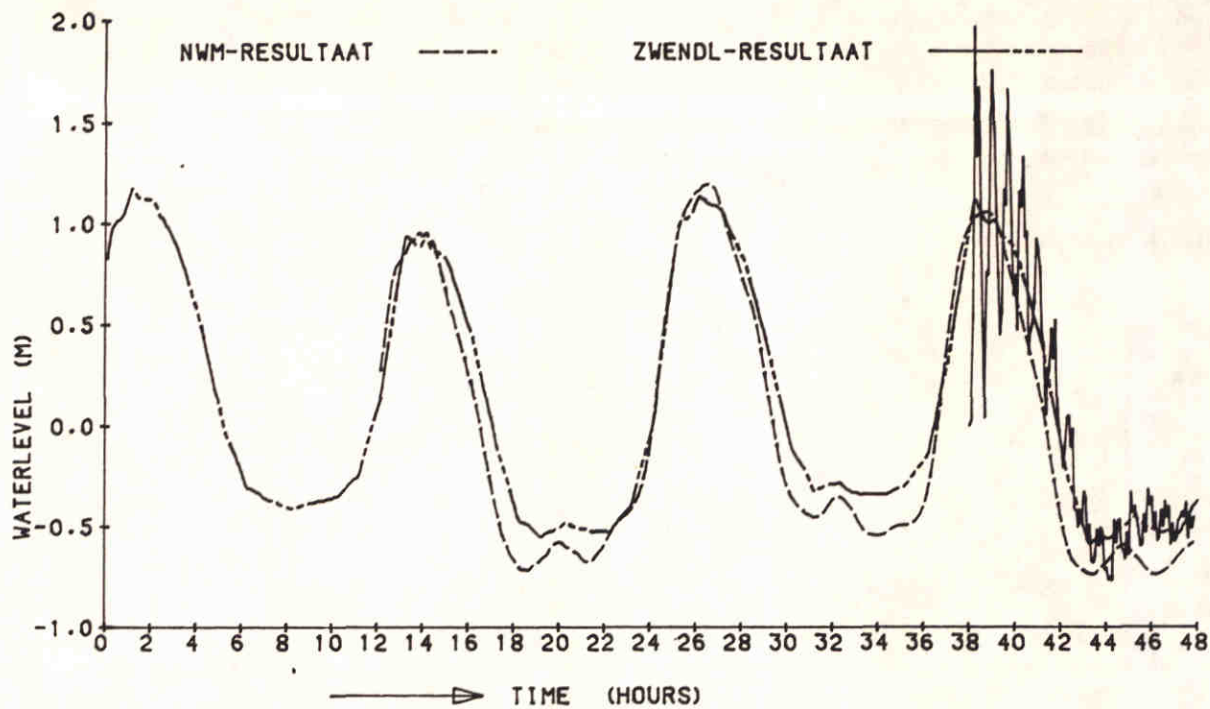
21-06-88

4-5 SEPTEMBER 1975

DELFT HYDRAULICS

Z-279-00

FIG. 40



MODEL SEICHES EUROPOORT
TIME-SERIES: KM 1026

OPC=SW2

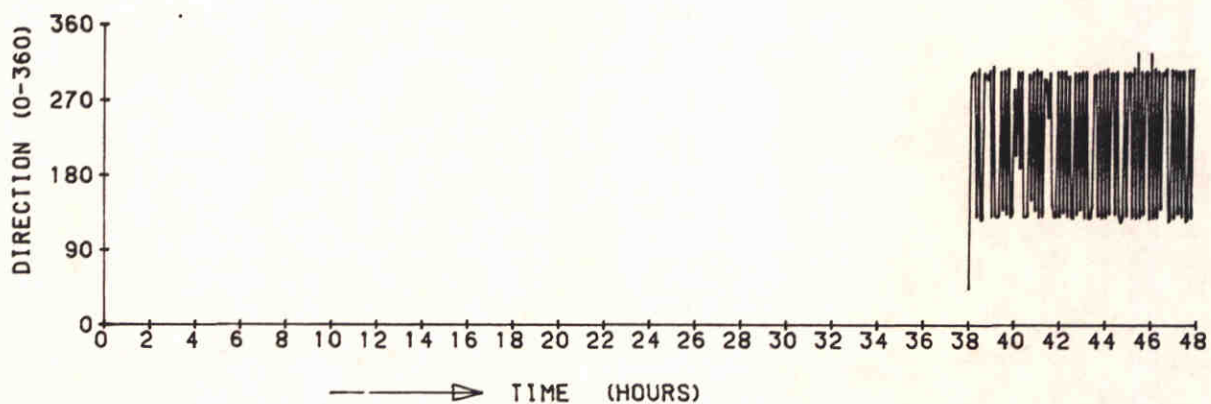
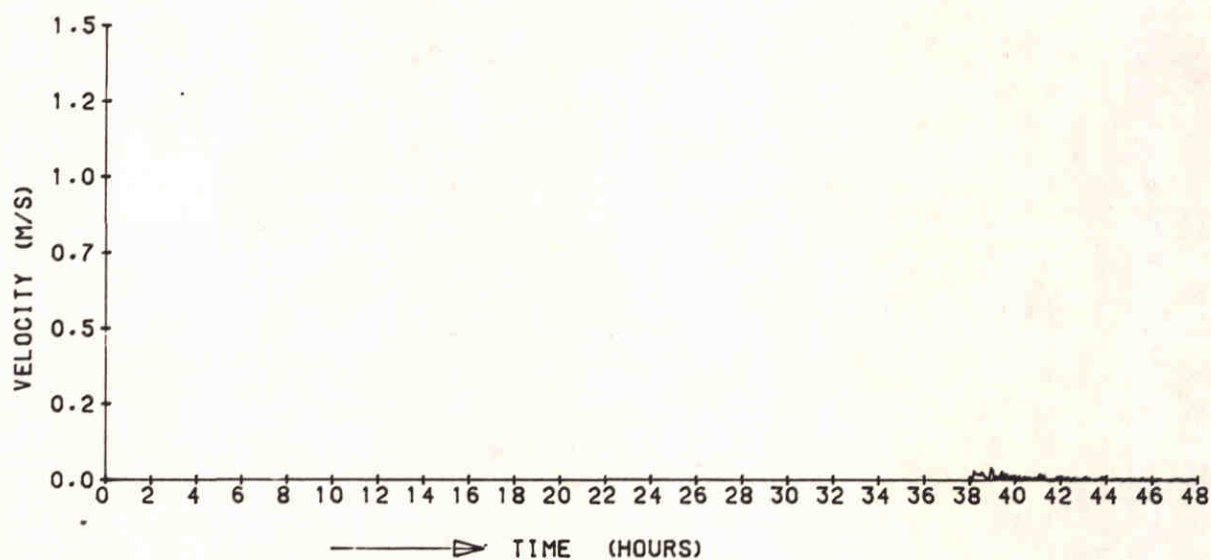
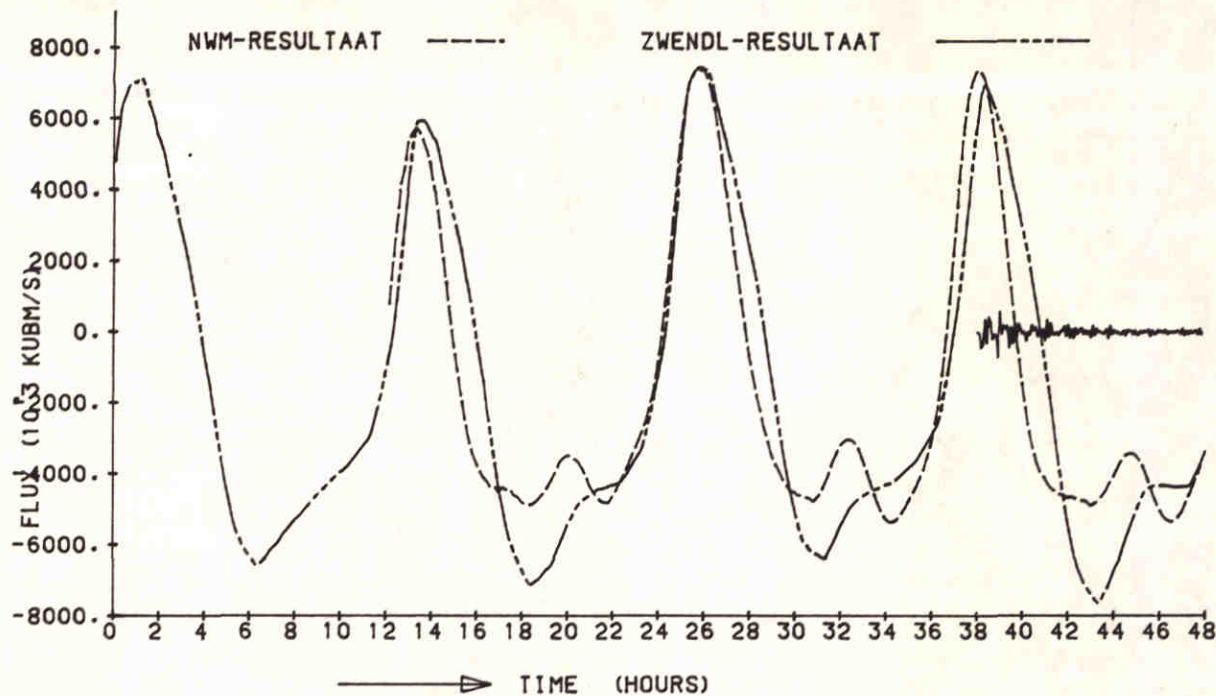
21-06-88

4-5 SEPTEMBER 1975

DELFT HYDRAULICS

Z-279-00

FIG. 41



MODEL SEICHES EUROPOORT
 TIME-SERIES: KM 1026 (DEBIET)

OPC=SW2

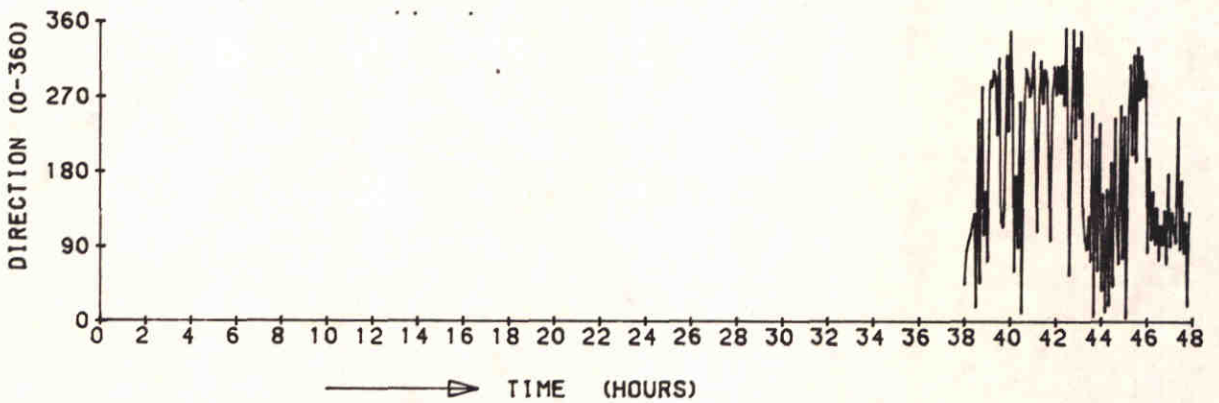
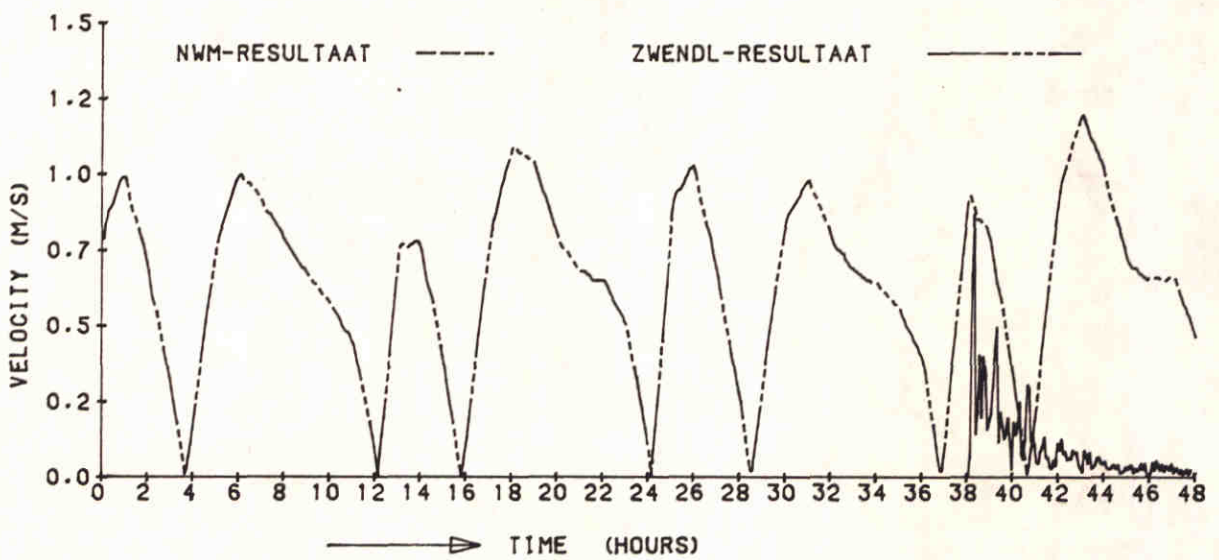
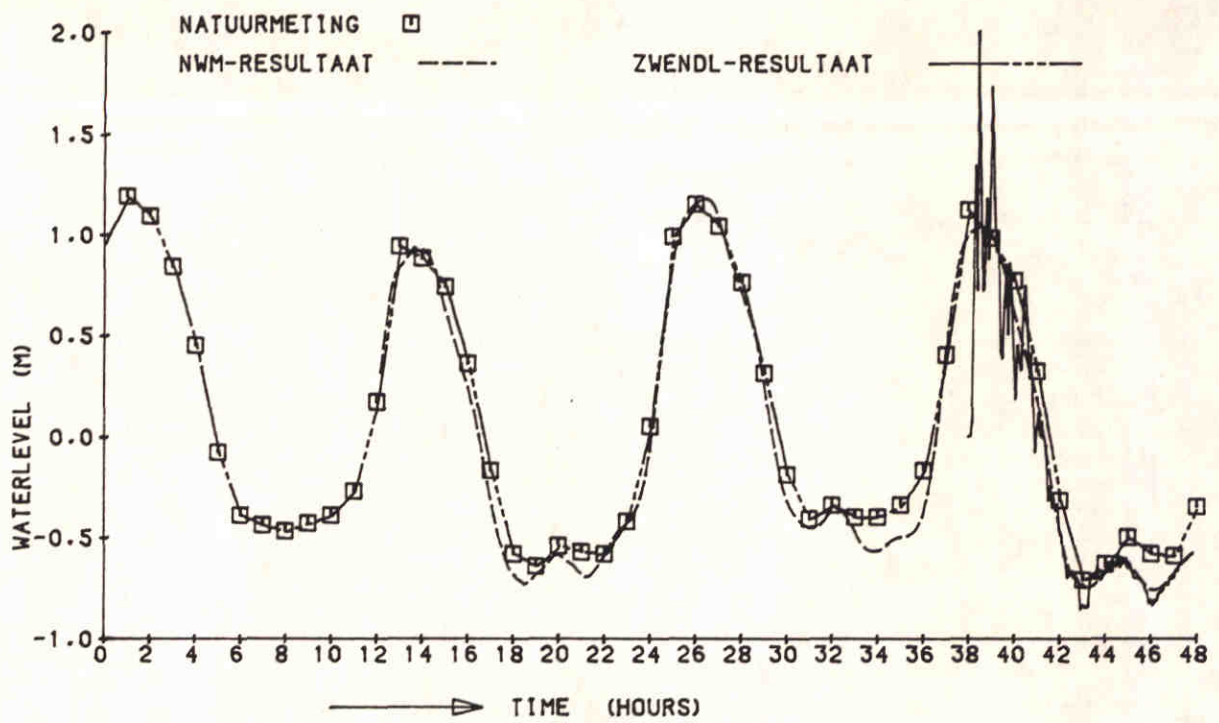
21-06-88

4-5 SEPTEMBER 1975

DELFT HYDRAULICS

Z-279-00

FIG. 42



MODEL SEICHES EUROPOORT
 TIME-SERIES: PILOT MAAS

OPC=SW2

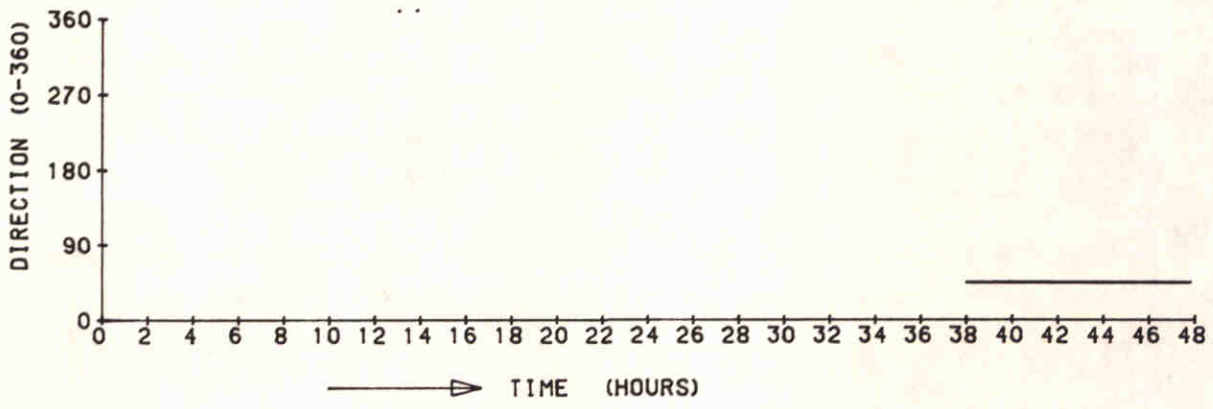
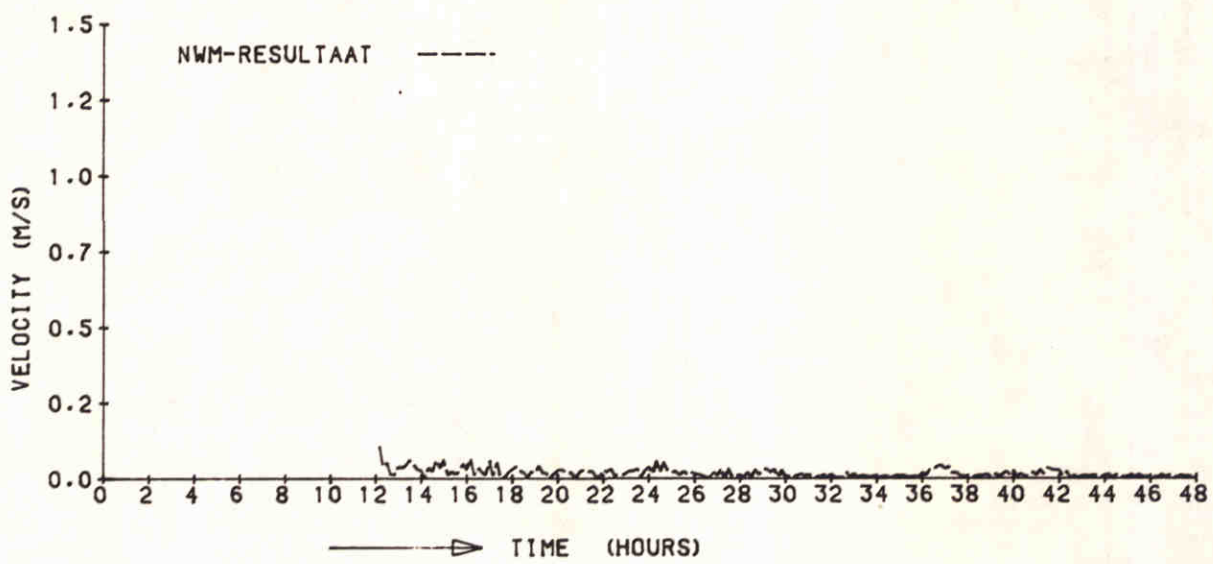
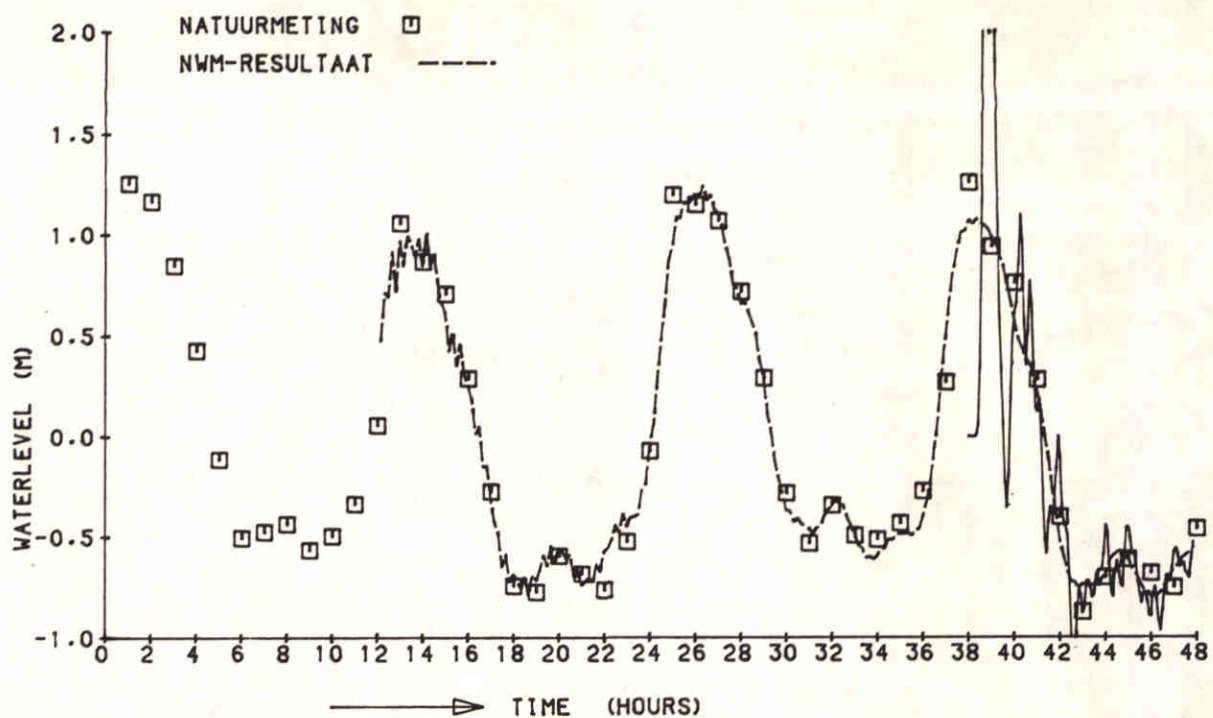
21-06-88

4-5 SEPTEMBER 1975

DELFT HYDRAULICS

Z-279-00

FIG. 43



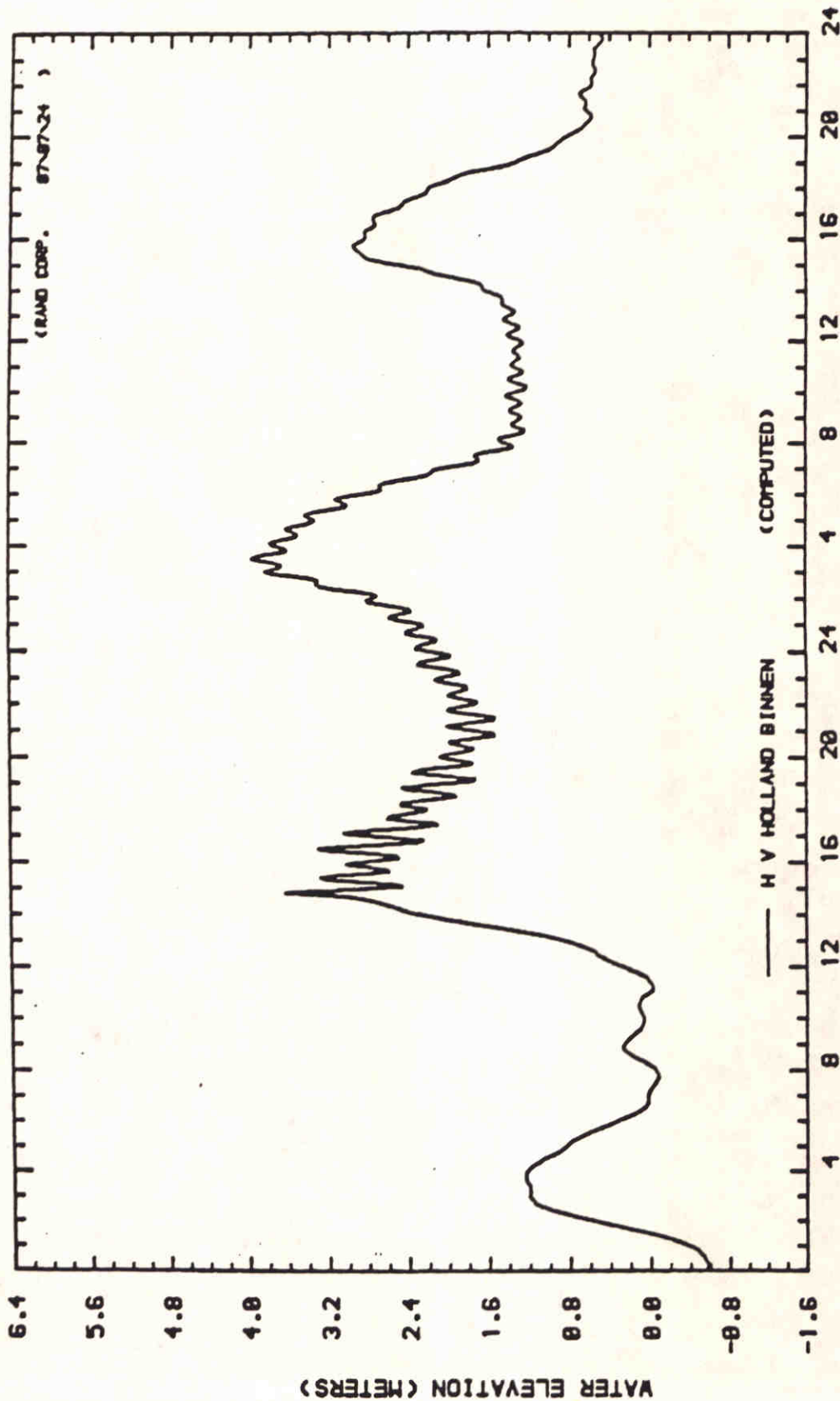
MODEL SEICHES EUROPOORT TIME-SERIES: ROZENBURGSESLUIS	OPC-SW2	21-06-88
	4-5 SEPTEMBER 1975	
DELFT HYDRAULICS	Z-279-00	FIG. 44

NUM OPC-853, DT=1.0 MIN, SLUITING 1 UUR 31/01/53 13:45

(23/07/87 11:51:52

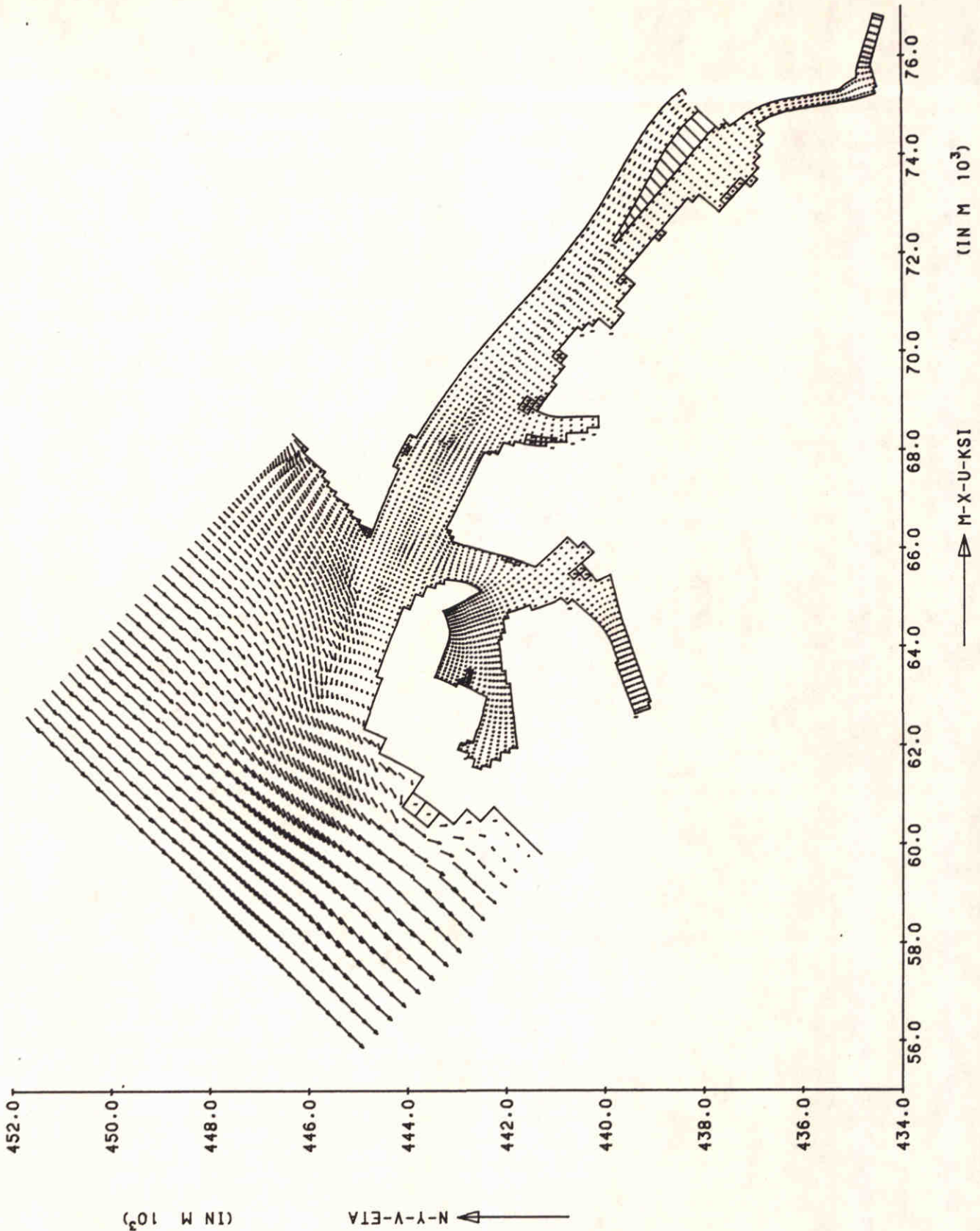
(RAND CORP. 87-87-24)

87/07/23 18:56:07)



31 JAN ' 53

1 FEB ' 53



MODEL SEICHES EUROPOORT
VELOCITY-FIELD

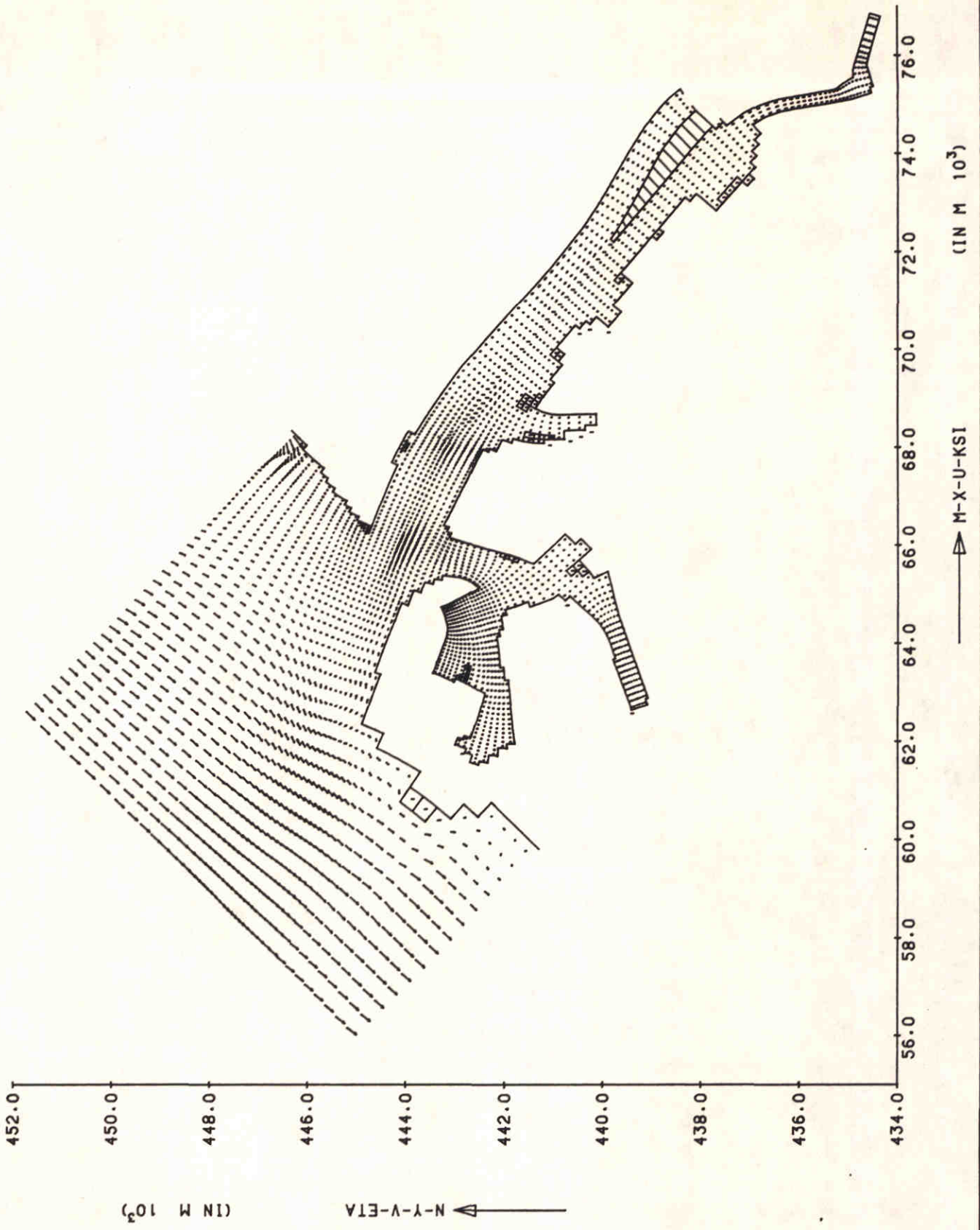
DELFT HYDRAULICS

OPC=SW2 21-6-88

TIME=2700 (45 H.)

Z279

FIG. 45



SCALE 1 CM := 2.0 M/S

MODEL SEICHES EUROPOORT
VELOCITY-FIELD

OPC=SW2	21-6-88
TIME=2820 (47) H.	
Z279	FIG. 47

DELFT HYDRAULICS



hoofdkantoor
Rotterdamseweg 185
postbus 177
2600 MH Delft
telefoon (015) 56 93 53
telefax (015) 61 96 74
telex 38176 hydel-nl

locatie 'De Voorst'
Voorsterweg 28, Marknesse
postbus 152
8300 AD Emmeloord
telefoon (05274) 29 22
telefax (05274) 35 73
telex 42290 hylvo-nl

