

N.B. In het programma zit een aantal beperkingen welke algemene toepassing onmogelijk maken.

Gebruikershandleiding GROFLOD
Tweedimensionale grondwater-
stroming in een dijklichaam
met een gesloten bekleding.

Afstudeerscriptie T.H. Delft

J. Talens, december 1982

<u>Inhoudsopgave</u>	<u>Blz.</u>
Voorwoord	0
1. Inleiding	1
2. Draaien van het programma	3
3. Invoerbeschrijving	4
4. Programmabeschrijving	12
5. Testproblemen	17
5.1. Testprobleem 1	17
5.1.1. Resultaten	17
5.2. Testprobleem 2	18
5.2.1. Resultaten	18
6. Literatuur	20
7. Bijlagen	21
1. Elementennet	
2. Gegevens en resultaten testprobleem 1	
3. Gegevens en resultaten testprobleem 2	
4. GROFLOD-inputprogram	
5. GROFLOD-mainprogram	
6. GROFLOD-outputprogram	

Voorwoord

Bij werkgroep 4 "Dijkbekledingen" van de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (T.A.W.) bestaat al geruime tijd behoefte aan meer inzicht op het gebied van grondwaterstanden in zeedijken, en wel om de volgende redenen:

- Uit het tot nu toe uitgevoerde onderzoek naar het effect van golfklappen is gebleken dat het al dan niet aanwezig zijn van nat zand onder een asfalt bekleding in sterke mate bepalend is voor het effect van golfklappen. Bovendien is het effect bij een natte ondergrond veel moeilijker te kwantificeren. Een nauwkeurige bepaling van het verloop van grondwaterstanden bij maatgevende omstandigheden is hierbij van groot belang, omdat daarmee de plaats van de zone met nat zand beter bepaald kan worden.
- Tevens kan de zin van de nog te verrichten grote inspanningen ten behoeve van een rekenmodel voor het effect van golfklappen op asfalt op een ondergrond van nat zand beter bepaald worden.
- Een nauwkeuriger bepaling van grondwaterstanden zal leiden tot zuiniger dimensioneren van asfaltbekledingen op overdrukken.
- Momenteel wordt gewerkt aan de tot standkoming van leidraden voor asfalt bekledingen en cementbetonnen bekledingen. Mede in verband met deze leidraden is een beter inzicht in het effect van bepaalde variaties van de profiel-samenstelling op de grondwaterstanden van groot belang.

Dit heeft geleid tot het maken van het in deze handleiding beschreven numerieke grondwaterstromingsmodel GROFLOD (Groundwater Flow in Dyke), dat een eerste aanzet moet vormen om in bovengenoemde behoefte te voorzien.

Jan Talens, 30 december 1982

1. INLEIDING

GROFLOD is een numeriek model voor tweedimensionale grondwaterstroming in een uit zand opgebouwd dijklichaam met een ondoorlatende bekleding op het buitentalud.

Het berekent de stijghoogten onder de gesloten bekleding en de ligging van de freatische lijn in het dijklichaam bij niet-stationaire stroming onder invloed van een stormvloed.

De stormvloed is opgebouwd uit een lineaire windopzet met daarop gesuperponeerd een springtij.

Het model is gebaseerd op de eindige elementenmethode. Hierbij wordt het stromingsgebied onderverdeeld in een groot aantal elementen. In GROFLOD worden driehoekige elementen gebruikt. Voor elk element wordt verondersteld dat de stijghoogte over dat element lineair verloopt. De hoekpunten van de driehoeken vormen de knooppunten van het elementennet, waarin de stijghoogte wordt berekend of opgegeven. Het oplossen van de stroming is zo teruggebracht tot het bepalen van alle stijghoogten in alle knooppunten van alle elementen (zie lit. 6).

De tijd wordt gediscrètiseerd. De tijdstap varieert van 500 tot 3000 seconden, afhankelijk van grondparameters, buitenrandvoorwaarde en geometrie van het elementennet. *over 2 min / 30 min*

Per tijdstap wordt de nieuwe ligging van de freatische lijn en de stijghoogte onder de gesloten bekleding onder invloed van veranderende randvoorwaarden berekend.

Na elke tijdstap worden de resultaten naar een datafile op een geheugenschijf (diskette) gestuurd. Na afloop van het rekenproces kan de uitvoer verkregen worden via het beeldscherm of via de printer.

De gebruikte programmeertaal is BASIC. Daar dit leidde tot zeer lange rekentijden, is gebruik gemaakt van machine taal subroutines, ontwikkeld door prof. dr. ir. A. Verruijt van de T.H. Delft, waardoor de rekentijd aanzienlijk is verkort. Dit bracht wel de beperking met zich mee, dat het programma nu nog uitsluitend geschikt is voor gebruik op de Commodore CBM 8032 (zie lit. 7).

In het model kunnen onderstaande parameters op eenvoudige wijze worden gevarieerd:

- horizontale doorlatendheid
- verticale doorlatendheid
- doorlatendheid mijnsteenkade
- bergingscoëfficiënt
- damwandlengte
- lengte asphalt slab
- ligging ondoorlatende kleilaag
- helling buitentalud
- breedte dijklichaam
- binnenrandvoorwaarde
- buitenrandvoorwaarde

2. Draaien van het programma

Het programma GROFLOD bestaat uit drie delen, te weten, een invoerprogramma (inputprogram), een rekenprogramma (main-program) en een uitvoerprogramma (outputprogram).

Deze drie delen staan op een programmaschijf die in drive 0 van de floppy disk moet worden gebracht.

Het invoerprogramma vraagt de voor de berekening benodigde gegevens aan de gebruiker en stuurt deze naar een datafile op de dataschijf. Deze dataschijf bevindt zich in drive 1 van de floppy disk.

Om het invoerprogramma van de programmaschijf in het geheugen van de computer te brengen, typ:

```
DLOAD"INPUTPROGRAM"-return
```

Wil men vervolgens het programma draaien, typ:

```
RUN -return
```

Na het invoeren van de benodigde gegevens wordt automatisch het rekenprogramma geladen en wordt met de berekeningen aangevangen. Na afloop van het rekenproces wordt ook weer automatisch het uitvoerprogramma geladen en kan de uitvoer worden verkregen op het beeldscherm of op de printer.

De invoergegevens staan op een datafile "INPUTDATA" en de uitvoergegevens staan op een datafile "OUTPUTDATA", beide op de diskette in drive 1. Wil men nu bij een volgende berekening de uitvoer op dezelfde schijf zetten, dan moeten de namen van de reeds op de schijf aanwezige datafiles worden veranderd. Dit gaat als volgt, typ:

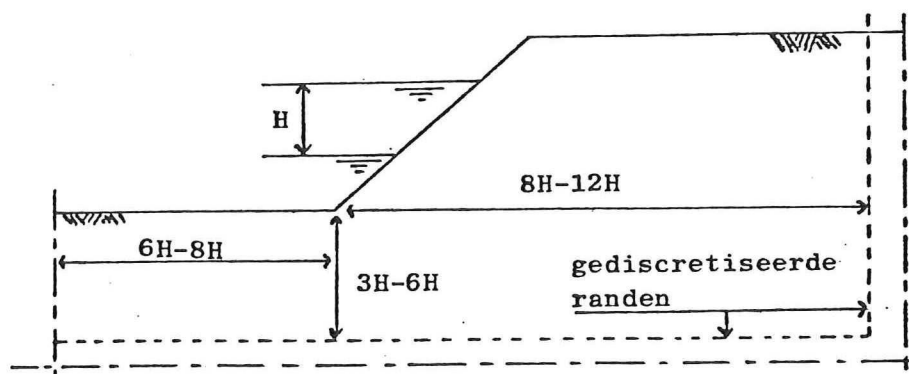
```
RENAME D1,"IN(OUT)PUTDATA"TO"NEWNAME" -return
```

Wil men vervolgens de datafiles met de nieuwe naam op het scherm brengen, dan moet eerst in regel 280 van het uitvoerprogramma "INPUTDATA" worden vervangen door de nieuwe naam en in regel 1190 "OUTPUTDATA" door de nieuwe naam.

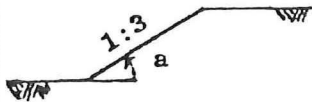
Het uitvoerprogramma kan ook met de hand worden geladen en gedraaid, om bijvoorbeeld de uitvoer van reeds eerder uitgevoerde berekeningen te bekijken.

3. Invoerbeschrijving

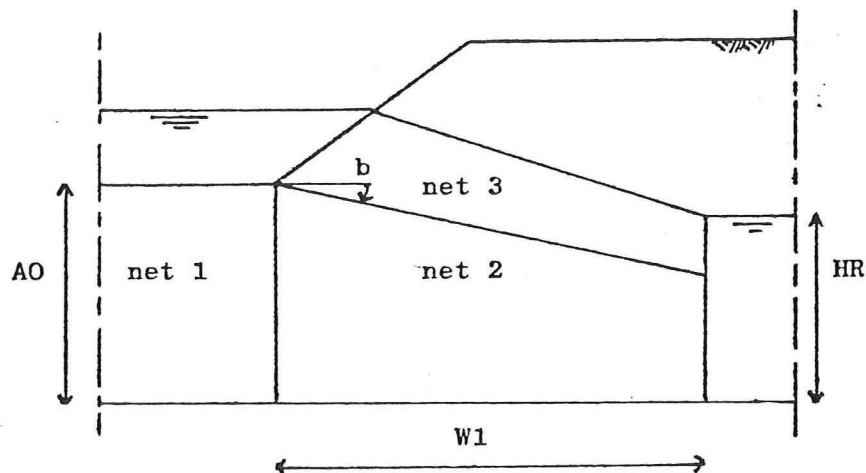
Regel nummer	Symbool + eenheid	Bereik	Toelichting	Voorbeeld
750	W 1 (M)	> 0	<p>De horizontale afstand tussen de teen van de dijk en een punt in het dijklichaam, waar een variatie in de buitenwaterstand geen waarneembare invloed meer heeft op de ligging van de freatische lijn ter plaatse van dat punt, dit geeft de rechterbegrenzing van het model.</p> <p>Uit de literatuur is bekend (zie lit. 3), dat bij een maximale variatie H in de buitenwaterstand, deze op een afstand van ongeveer $10 H$ in het dijklichaam praktisch is uitgedempt (zie fig. 1).</p>	<p>$H=5 \text{ m}$ $W1=10*5=$ $=50 \text{ m}$</p> <p><i>hooft van periode af!</i></p>
770	W2 (M)	> 0	<p>De horizontale afstand tussen de teen van de dijk en de linkerbegrenzing van het model.</p> <p>Uit ervaring, opgedaan met teledeltosmodellen, is bekend dat een afstand van twee keer de verticale afstand tussen de teen en de doorlatende laag goed blijkt te voldoen.</p>	<p>$AO=10 \text{ m}$ $W2=2*10=$ $=20 \text{ m}$</p>



Figuur 1

790	AO (M)	> 0	<p>De verticale afstand tussen de teen van de dijk en de ondoorlatende laag.</p> <p>De ondoorlatende laag vormt tevens de ondergrens van het model.</p> <p>Uit de literatuur is bekend (zie lit. 3) dat, indien een ondoorlatende laag niet, of pas op zeer grote diepte aanwezig is, de ondergrens van het model kan worden aangenomen op een verticale afstand van ongeveer 4 à 5 H onder teen, waarin H de maximale variatie in de buitenwaterstand is. Als ondergrens wordt dan een ondoorlatende laag verondersteld (zie figuur 1).</p>	<p>$AO = \infty$</p> <p>$H = 5 \text{ m}$</p> <p>$AO = 5 \cdot 5 = 25 \text{ m}$</p>
810	AL	> 0	<p>De cotangens van de scherpe hoek, die het buitentalud maakt met de horizontaal.</p>	 <p>$AL = \cot(a) = 3$</p>
830	AB	$> W1/AO$	<p>De cotangens van de scherpe hoek, die de bovenrand van net 2 (onderrand net 3) maakt met de horizontaal.</p> <p>Deze dient een zodanige waarde te worden gegeven, dat wordt voorkomen, dat bij een lage binnenwaterstand de verticale elementgrootte in net 3 nabij de rechterrاند te klein wordt, wat tot instabiliteit zou kunnen leiden.</p> <p>Een verticale elementgrootte ter plaatse van de rechterrاند van 1 meter blijkt goed te voldoen.</p> <p>Ook dient er op gelet te worden, dat steeds geldt $AB = \cot(b) > W1/AO$, daar anders de bovenrand van net 2 de</p>	<p>Als $W1 = 100 \text{ m}$, $AO = 25 \text{ m}$ en $HR = 24 \text{ m}$ en nemen we in net 2 rijen elementen met een minimale verticale elementgrootte van 1 m, dan moet gelden: $AB = \cot(b) =$ $= W1 / (AO - (HR - 2)) =$ $= 100 / (25 - (24 - 2)) =$ $= 33.3$ Eis: $AB > 100 / 25 = 4$, dus gevonden waarde voldoet.</p>

onderrand gaat snijden, met als gevolg dat de elementenverdeling in net 2 wordt verstoord (zie figuur 2).



Figuur 2.

850	HH (M)	$>AO$ $\leq AO+1$	Startwaarde voor de buitenwaterstand, gerekend vanaf de ondoorlatende laag. Aanbevolen wordt om te nemen $HH=AO+1$ m. Nemen we $HH < AO+1$ m, dan wordt de verticale elementgrootte in net 3 erg klein. Om instabiliteit te voorkomen dientengevolge een kleine tijdstap, wat resulteert in lange rekentijden.	$AO=8$ m $HH=9$ m
890	HR (M)	>0	Startwaarde voor de binnenwaterstand, gerekend vanaf de ondoorlatende laag.	$HR=8$ m
930	AM (M)	≥ 0	Amplitude van de sinusvormige getijgolf.	$AM=1.5$ m
950	PT (uur)	>0	Periode van de sinusvormige getijgolf.	$PT=12$ uur
970	HS (M)	≥ 0	Maximale hoogte van de windopzet.	$HS=4$ m
990	RI	>0	Aantal getijden waarin de windopzet stijgt.	$RI=3$

1010	FA	> 0	Aantal getijden waarin de windopzet daalt.	FA=1
1070	PK (M/S)	> 0	Doorlatendheid van de mijnsteenkade.	PK=0.0005
1090	PH (M/S)	> 0	Doorlatendheid van het zand waaruit de dijk is opgebouwd. Bij aanwezigheid van een mijnsteenkade wordt verondersteld dat de rest van de dijk is opgebouwd uit een homogeen isotroop materiaal.	PH=0.0001
1120	PH (M/S)	> 0	Horizontale doorlatendheid van het zand. Bij afwezigheid van een mijnsteenkade kan rekening worden gehouden met anisotropie.	PH=0.0001
1140	PV (M/S)	> 0	Vertikale doorlatendheid van het zand. In het algemeen is de horizontale doorlatendheid enige malen groter dan de verticale.	PV=0.00005
1160	P8	0 of 1	Ventielkonstruktie in de teen. Een soort klep in de bekleding, die opent, indien ter plaatse van de teen de waterdruk aan de binnenkant van de bekleding hoger is dan de waterdruk aan de buitenkant. In het omgekeerde geval blijft de klep gesloten.	ja, P8=1 nee, P8=0
1190	SR	> 0 < 1	Bergingscoëfficiënt of effectieve porositeit.	SR=0.3

1230	Z%	> 0	<p>Maximum aantal Gauss-Seidel iteraties.</p> <p>Het stelsel vergelijkingen wordt met behulp van een iteratieve methode opgelost. Het aantal iteraties is ondermeer afhankelijk van de gewenste nauwkeurigheid. Deze bovengrens voorkomt dat het iteratieproces onbeperkt blijft doorgaan als de gewenste nauwkeurigheid niet wordt bereikt of als het proces niet convergeert.</p>	Z%=50
1250	ES	> 0	<p>Het maximale verschil tussen twee opeenvolgende iteraties.</p> <p>Bij benadering geldt (zie lit. 9) voor de nauwkeurigheid in het iteratieproces:</p> $EP = (EG / (1 - EG)) * ES,$ <p>waarin EG de dominante eigenwaarde voorstelt. Na het verkrijgen van een schatting voor EG met behulp van de powermethode (zie lit. 9) bij diverse gevallen, bleek steeds te gelden, dat EP 0.01 als ES 0.001, waarmee een afbreekkriterium voor het iteratieproces is gevonden.</p>	ES=0.001
1270	R	≥ 1 < 2	<p>Relaxatiefaktor.</p> <p>De relaxatiefaktor heeft tot doel de dominante eigenwaarde EG van de iteratiematrix zo klein mogelijk te maken, omdat de convergentiesnelheid dan erg toeneemt ($N = -1/\log(EG)$, waarin N het aantal iteraties om de nauwkeurigheid een faktor 10 te verhogen).</p> <p>Het bepalen van de optimale relaxatiefaktor gedurende elke tijdstap is zo bewerkelijk dat dit nauwelijks voordelen biedt boven een redelijke schatting, die gedurende het hele proces constant wordt gehouden (zie lit. 9).</p> <p>Na het doorrekenen van een aantal gevallen met verschillende waarden voor de relaxatiefaktor bleek, dat het proces het snelst convergeert bij een relaxatiefaktor R=1.5.</p>	R=1.5

1290	NI	2	<p>Aantal iteraties in de bepaling van de ligging van de freatische lijn.</p> <p>Gedurende elke tijdstap wordt de ligging van de freatische lijn aangepast. Om een grotere nauwkeurigheid te verkrijgen, gebeurt dit in twee stappen (zie lit. 6).</p>	NI=2
1310	NS	> 0	Aantal getijden dat wordt doorgerekend.	NS=5
1350	N1	2 4 6	<p>Aantal rijen elementen in net 1 en net 2 (zie bijlage 1).</p> <p>Hiermee wordt het aantal elementen en de verhouding in grootte tussen de verschillende elementen in verticale richting in net 1 en net 2 bepaald.</p> <p>De afstand tussen de bovenrand en de onderrand van de beide netten 1 en 2 wordt verdeeld in rijen elementen, waarvan de hoogten zich verhouden, van boven naar beneden, bij:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 2 rijen als 1:1 - 4 rijen als 1:1:2:2 - 6 rijen als 1:1:2:2:3:3 <p>Een elementhoogte kleiner dan 1 meter wordt afgeraden, daar een kleinere waarde de rekentijd verlengt, zonder de nauwkeurigheid te verhogen.</p>	<p>Als $A_0=24$ m en $N_1=6$, dan $1+1+2+2+3+3=12$ en is $24/12=2$ m de hoogte van het kleinste element.</p> <p>Als $N_1=4$, dan $1+1+2+2=6$ en is $24/6=4$ m de hoogte van het kleinste element.</p>
1400	N2	2 4 6	<p>Aantal kolommen elementen in net 1 (zie bijlage 1).</p> <p>Hiermee wordt het aantal elementen en de verhouding in grootte tussen de verschillende elementen in horizontale richting in net 1 bepaald.</p> <p>De horizontale afstand W_2 tussen de teen van de dijk en de linkerrand van net 1 wordt verdeeld in kolommen elementen, waarvan de</p>	

			<p>breedten zich verhouden van rechts naar links, bij:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 2 kolommen als 1:1 - 4 kolommen als 1:1:2:2 - 6 kolommen als 1:1:2:2:3:3 <p>Een elementbreedte kleiner dan 2 meter wordt afgeraden, daar een kleinere waarde de rekentijd verlengt, zonder de nauwkeurigheid te verhogen.</p>	<p>Als $W_2=20$ m en $N_1=4$, dan $1+1+2+2=6$ en is $20/6=3.33$ m de hoogte van het kleinste element.</p>
1460	N3	<p>4</p> <p>8</p> <p>12</p> <p>16</p>	<p>Aantal kolommen elementen in net 2 en net 3 (zie bijlage 1).</p> <p>Hiermee wordt het aantal elementen en verhouding in breedte tussen de verschillende elementen in horizontale richting in de netten 2 en 3 bepaald.</p> <p>De horizontale afstand W_1 tussen de teen van de dijk en de rechterrاند van net 2 wordt verdeeld in kolommen elementen, waarvan de breedten zich verhouden van links naar rechts, bij:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 4 kolommen als 1:1:1:1 - 8 kolommen als 1:1:1:1:2:2:2:2 - 12 kolommen als 1:1:1:1:2:2:2:2:3:3:3:3 - 16 kolommen als 1:1:1:1:2:2:2:2:3:3:3:3:4:4:4:4 <p>Daar in net 3 de linkerrand niet vertikaal loopt, maar gevormd wordt door het buitentalud van de dijk, zal de elementbreedte in net 3 naar boven toe afnemen.</p> <p>De verdeling van de kolommen in net 3 wordt verkregen, door vanuit het snijpunt van het buitentalud van de dijk met de rechterrاند van net 3, lijnen neer te laten naar de snijpunten van de kolommen uit net 2 met de onder-rand van net 3. Deze lijnen vormen de scheiding tussen de kolommen in net 3 (zie bijlage 1). Een elementbreedte kleiner dan 3 meter wordt afgeraden.</p>	<p>Als $W_1=40$ m en $N_3=8$, dan $1+1+1+1+2+2+2+2=12$ en is $40/12=3.33$ m de kleinste elementbreedte.</p>

1510	N4	1 2 3	<p>Aantal rijen in net 3 (zie bijlage 1).</p> <p>Hiermee wordt het aantal elementen over de hoogte in net 3 bepaald. De rijen splitsen de kolommen op in gelijke delen tussen bovenrand, gevormd door de freatische lijn, en de onderrand van net 3.</p>	N4=2
1570	ED	> 0 $\leq N1$	<p>Aantal rijen elementen, dat door de damwand wordt doorsneden (zie bijlage 1).</p> <p>In de teen van de dijk, op de grens tussen net 1 en net 2, kan een damwand worden aangebracht. De lengte van de damwand wordt verkregen, door de hoogten van de doorsneden rijen te sommeren en daar de halve hoogte van de onderste doorsneden rij vanaf te trekken.</p>	<p>Als $AO=6$ m, $N1=4$ en $ED=3$, dan is $1+1+2-\frac{1}{2}*2=3$ m de damwandlengte.</p>
1620	WW	> 0 $\leq N2$	<p>Aantal kolommen elementen, dat door de ondoorlatende asfalt slab wordt doorsneden (zie bijlage 1).</p> <p>Voor de teen van de dijk kan over een gedeelte van de bovenrand van net 1 een ondoorlatende asfalt slab worden aangebracht. De lengte van de slab wordt verkregen door de breedten van de doorsneden kolommen te sommeren en daar de halve breedte van de meest linkse doorsneden kolom vanaf te trekken.</p>	<p>Als $W2=12$ m, $N2=4$ en $WW=3$, dan is $2+2+4-\frac{1}{2}*4=6$ m de slablengte.</p>
1670	T5	0 1	<p>Het bepalen van de randvoorwaarde aan de rechterrands van het model.</p> <p>Dit kan zijn een vast peil ($T5=1$) of een ondoorlatende rand met een variabel peil ($T5=0$).</p>	<p>ja, $T5=1$ nee, $T5=0$</p>

4. Programmabeschrijving (Mainprogram)

Regelnummer

30

Reservering geheugen voor het machine taal programma.
Dit is ook reeds gebeurd in regel 20 van het invoerprogramma.

100

Laad het machine taal programma van de diskette in drive 0.

130-220

De invoergegevens worden van de diskette in drive 1 naar het geheugen van de computer gebracht.

260-430

Het elementennet wordt opgebouwd.
Achtereenvolgens worden alle knopen doorlopen en wordt bepaald uit welke knopen elk element is opgebouwd (zie lit. 6).

440-510

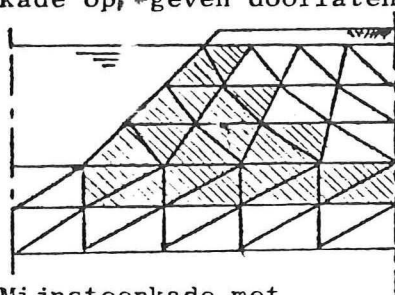
Bepaling van de lengte van de pointervektor (zie lit. 6).

520-600

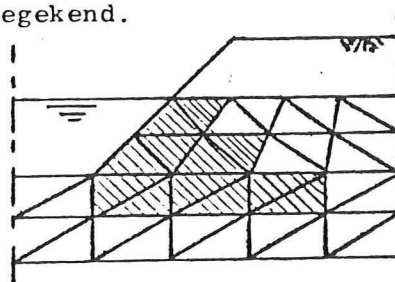
Berekening van de pointervektor (zie lit. 6).

650-670

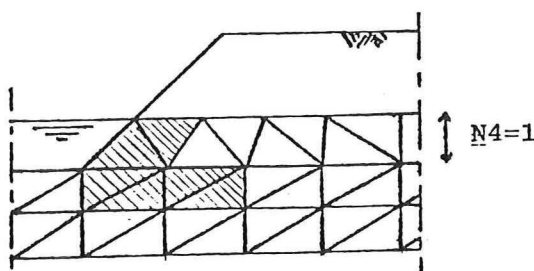
Opnemen van een mijnsteenkade in het model.
Afhankelijk van het aantal rijen elementen in net 3, onderscheiden we drie verschillende typen.
In onderstaande figuren wordt de mijnsteenkade voorgesteld door de gearceerde elementen, waaraan de voor de mijnsteenkade opgegeven doorlatendheid wordt toegekend.



Mijnsteenkade met
20 elementen.



Mijnsteenkade met
12 elementen.



Mijnsteenkade met
3 elementen.

690-760	Berekening van de coördinaten van de knopen in net 1.
770-810	Berekening van de lengte van de damwand en van de lengte van de ondoorlatende asfalt slab.
860-950	Berekening van de coördinaten van de knopen in net 2.
960-1000	Berekening van de coördinaten van de knopen in net 3.
1010-1030	Als beginschatting voor de freatische lijn wordt een min of meer rechte lijn aangenomen tussen de buitenwaterstand en de binnenwaterstand. Deze lijn wordt beschouwd als een stroomlijn, waarbij wordt verwaarloosd dat de stijghoogte daar gelijk moet zijn aan de plaatshoogte.
1040-1070	Voltooiing van de berekening van de coördinaten van de knopen in net 3.
1080-1130	<p>Toekennen startwaarden voor de stijghoogte in de eerste stap. In net 1 krijgen alle knopen de buitenwaterstand als beginvoorwaarde.</p> <p>In net 2 en net 3 krijgen alle knopen per kolom dezelfde beginvoorwaarde, namelijk de plaatshoogte van de freatische lijn ter plaatse van de betreffende kolom.</p>
1140-1150	<p>Toekennen beginvoorwaarden in de tweede en daarop volgende stappen.</p> <p>Verondersteld wordt dat gedurende het rekenproces de bovenrand van net 1, met uitzondering van de ondoorlatende asfalt slab indien aanwezig, en de bovenrand van net 3 randen zijn waar de stijghoogte gegeven is en niet verandert gedurende de tijdstap.</p> <p>Aan het begin van elke tijdstap wordt daarom aan de bovenrand van net 1 de buitenwaterstand toegekend en aan de bovenrand van net 3 de plaatshoogte van de freatische lijn. Voor de overige knopen wordt de in de voorgaande tijdstap berekende stijghoogte als beginvoorwaarde aangehouden.</p>
1160-1170	Het meenemen van de anisotropie vindt plaats door transformatie van het coördinatenstelsel (zie lit. 5).

- 1180-1260 Opstellen van de matrix in machine taal.
Hier vindt de eigenlijke berekening volgens de elementen-
methode plaats. (zie lit. 6)
- 1270-1280 Transformatie naar het oude coördinatenstelsel na het meenemen
van de anisotropie.
- 1290-1370 Toekennen van de randvoorwaarden aan de knopen.
Bij de knopen onderscheiden we twee typen, namelijk type 2
als de stijghoogte is gegeven en type 0 als de stijghoogte
moet worden berekend.
In de eerste instantie worden alle knopen gerekend tot het
type 0. Vervolgens worden de knopen langs de randen waar de
de stijghoogte is gegeven, van het type 2.
De overige randen waar de knopen van het type 0 zijn, vormen
de ondoorlatende randen.
- 1380-1400 Het meenemen van een ventielconstructie in de teen.
De onderste knoop in de linkerrand van net 3 wordt beschouwd
als ondoorlatend (type 0), indien de buitenwaterstand hoger
is dan de stijghoogte ter plaatse van die knoop, of indien de
grondwaterstand juist rechts van de linkerrand van net 3
lager is dan de buitenwaterstand. In de overige gevallen wordt
de knoop beschouwd als doorlatend (type 2), met een voorge-
schreven stijghoogte gelijk aan de buitenwaterstand.
- 1410-1500 Oplossen van het stelsel vergelijkingen met behulp van
Gauss-Seidel iteratie in machine taal (zie lit. 6), waarna
de stijghoogten overal bekend zijn.
- 1510-1570 Gedurende de eerste tijdstap wordt een stationaire beginstand
van de freatische lijn bepaald (zie ook 1010-1030).
Door in die eerste tijdstap de freatische lijn te beschouwen
als een ondoorlatende rand (type 0), kunnen de stijghoogten
daar ter plaatse worden berekend. Door nu als nieuwe y-coördi-
naten voor de knopen in de freatische lijn de berekende stijg-
hoogten te nemen, vinden we een nieuwe betere schatting
voor de freatische lijn. De x-coördinaten zijn nu eenvoudig
met behulp van de y-coördinaten en de geometrie van het net-
werk te bepalen. Door dit proces enige malen te herhalen

itereren we naar een stationaire beginstand voor de freatische lijn. Om een afbreek-criterium te verkrijgen worden steeds de laatst berekende stijghoogten vergeleken met de bijbehorende y-coördinaten. Is dit verschil kleiner dan een bepaalde waarde (0.02), dat wordt het proces gestopt en wordt verder gegaan met het programma, waar de freatische lijn verder wordt beschouwd als een rand waar de stijghoogte gegeven is (type 2, zie lit. 5).

1580-1720

Het bepalen van de ligging van de freatische lijn in de tweede en daaropvolgende tijdstappen.
hier wordt na elke tijdstap in twee iteraties de ligging van de freatische lijn aangepast, met behulp van de in de knopen berekende debieten (zie lit.6).

1740-1760

De uitvoer wordt afgerond op twee decimalen, voordat het naar een datafile op de diskette wordt gestuurd.

1770-1850

Na elke tijdstap wordt de uitvoer naar een datafile gestuurd. Deze datafile heet "outputdata" en bevindt zich op diskette in drive 1.

1860-1950

Berekening van de tijdstapgrootte.

Voor de bepaling van de tijdstapgrootte wordt uitgegaan van de formule (zie li. 2):

$$TS = (DX/3) * \sqrt{SR / PQ * LD} , \text{ waarin}$$

TS de tijdstap

DX wordt bepaald door achtereenvolgens alle knopen in de freatische lijn te doorlopen en de afstand van elke knoop tot de omliggende knopen te bepalen. De kleinste gevonden waarde levert ons DX.

SR de bergingscoëfficiënt of effectieve porositeit.

PQ de grootste waarde van de in het model voorkomende doorlatendheden.

LD de maximale waarde van de afgeleide naar de tijd van de buitenwaterstand.

Indien voor de buitenwaterstand geldt:

$$GK = A + B * T + C * \sin(D * T) , \text{ dan geldt}$$

$$DGK/DT = B + C * D * \cos(D * T) \text{ en dus } LD = |B| + |C * D|$$

Indien een andere buitenwaterstand wordt gebruikt, dient LD in regelnummer 1930 te worden aangepast.

Bij de in het model gebruikte buitenwaterstand, die bestaat uit een lineaire windopzet met daarop gesuperponeerd een sinusvormige getijgolf, bleek gedurende het opkomen van de storm een dubbele tijdstapgrootte goed te voldoen. Gedurende het opkomen van de storm wordt dan ook gewerkt met de dubbele tijdstapgrootte, die weer wordt gehalveerd zodra de storm gaat afnemen.

Indien bij een bepaald probleem instabiliteiten optreden, dient de tijdstap verkleind te worden, bijvoorbeeld met een faktor twee.

In het model wordt voor de tijdstapgrootte een bovengrens aangehouden van 3000 seconden, daar daarboven de gediscrèteerde buitenwaterstand te veel gaat afwijken van de werkelijke buitenwaterstand.

1960-2000

Bepaling van de randvoorwaarde voor de buitenwaterstand. Gedurende RI getijperioden wordt een lineair in de tijd toenemende windopzet aangenomen tot N.A.P.+HS m maximaal. De opzet valt daarna in FA getijperioden terug. Op de windopzet is een sinusvormige springtjiekromme met een periode van PT uur gesuperponeerd. De buitenrandvoorwaarde is afgekapt op strandhoogte, omdat is aangenomen dat bij daling van de buitenwaterstand tot beneden strandhoogte de effectieve waterdruk overeen zal komen met de hoogte van het strand.

5. Testproblemen.

Om het computerprogramma te testen zijn enige problemen doorgerekend, waarvan de oplossingen, gevonden met andere modellen, bekend zijn.

5.1. Testprobleem 1.

Het betreft hier een dijkprofiel dat gebruikt is om twee bestaande grondwaterstromingsmodellen met elkaar te vergelijken (zie lit. 4), namelijk:

Seep, een computerprogramma gebaseerd op de eindige elementenmethode, in beheer bij het Laboratorium voor Grondmechanica en Elnag, een electrisch netwerk analogon voor grondwaterproblemen, een analoge methode in beheer bij Rijkswaterstaat Deltadienst.

Dit dijkprofiel is doorgerekend met het programma GROFLOD en de resultaten zijn vergeleken met die van Seep en Elnag (zie bijlage 2).

5.1.1. Resultaten.

De resultaten van GROFLOD, Seep en Elnag zijn in bijlage 2 met elkaar vergeleken.

De resultaten liggen dicht bij elkaar.

De verschillen die optreden kunnen een gevolg zijn van verschillen in begintoestand.

Seep en Elnag beginnen met een stationaire toestand, waarbij de buitenwaterstand juist op N.A.P. en alle binnenwaterstanden ook op N.A.P. zijn genomen; GROFLOD begint met een stationaire toestand, waarbij de buitenwaterstand op N.A.P. 0.5 m. en de binnenwaterstand op N.A.P. is aangenomen.

Waarschijnlijk heeft dit tot gevolg dat de punten verder dijkwaarts, berekend met GROFLOD, een hogere ligging hebben dan overeenkomstige punten berekend met Seep of Elnag.

Wat eveneens een rol speelt is de beperkte nauwkeurigheid waarmee de damwand in het model wordt opgenomen. Dit is het gevolg van het geringe aantal knopen waaruit het elementennet is opgebouwd. Een verfijning van het elementennet zal dan ook tot gevolg hebben dat een damwand beter in het model wordt opgenomen.

Om de invloed daarvan te bekijken is het dijkprofiel nog een keer doorgerekend met een elementennet bestaande uit het dubbele aantal knopen. De resultaten bleken echter weinig te verschillen, van die verkregen uit de berekening met 58 knopen.

5.2 Testprobleem 2.

Dit testprobleem betreft een dijkprofiel, dat is gebruikt in een model van teledeltospapier, waarvan de resultaten bekend zijn (zie T. Berkhout, Systematisch onderzoek grondwaterbeweging in dijken, Rijkswaterstaat, C.O.W., 1982).

Het dijkprofiel is doorgerekend voor een geval met een damwand en voor een geval zonder damwand, waarbij de doorlatendheidscoëfficiënt in beide gevallen respectievelijk de waarden 0.00003, 0.0001, 0.0001 M/S heeft gekregen.

De gegevens en resultaten zijn opgenomen in bijlage 3.

In GROFLOD is op een afstand tussen de 90 en 110 m. uit de teen in het dijklichaam een vaste binnenwaterstand op N.A.P. hoogte aangenomen, er is namelijk verondersteld dat de buitenrandvoorwaarde daar ter plaatse weinig of geen invloed meer heeft.

In het teledeltosmodel beloopt het buitentalut van N.A.P. tot N.A.P. +2 m. 1:4, en daarboven 1:6. In GROFLOD is hiervoor de gemiddelde waarde van 1:5 voor het hele talud aangehouden.

5.2.1. Resultaten.

De resultaten van GROFLOD en het teledeltosmodel zijn in bijlage 3 met elkaar vergeleken.

De resultaten liggen dicht bij elkaar.

Daar het erg moeilijk is de randvoorwaarden in beide modellen aan elkaar gelijk te krijgen, zullen steeds enige verschillen ter plaatse van beide randen te zien zijn.

Aan de linkerrand is het erg moeilijk om een damwand in te bouwen, die dezelfde lengte heeft als de damwand in het teledeltosmodel. Meestal is deze iets langer of iets korter.

Ook ter plaatse van de rechterrاند is het moeilijk om de randvoorwaarden in beide modellen aan elkaar gelijk te krijgen.

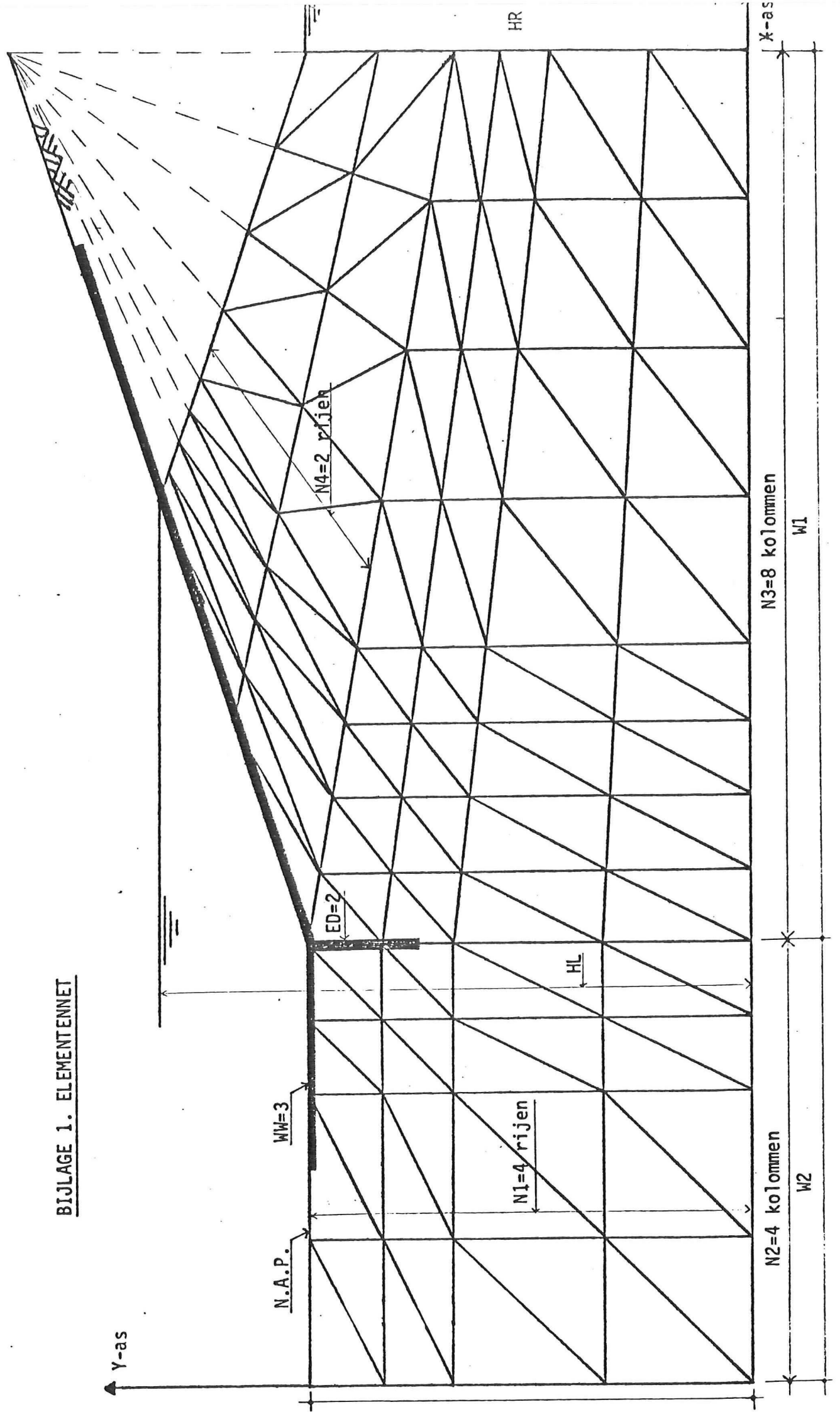
Nemen we langs de rechterrاند een constant peil aan, dan blijken de gevonden stijghoogten, juist links van de rand, lagere waarden te geven dan wanneer we de rand beschouwen als ondoorlatend met een vast peil.

De in het laatste geval gevonden waarden komen weer beter overeen met de waarden gevonden in het teledeltosmodel.

Literatuur

- (1) F.B.J. Barends
Advanced methods in groundwater flow computation,
L.G.M. - mededelingen 19, 1978.
- (2) F.B.J. Barends
Nonlinearity in groundwater flow,
L.G.M. - mededelingen 21, 1980.
- (3) C.S. Desai and J.T. Christian
Numerical methods in geotechnical engineering,
Mc Graw-Hill, New York, 1977.
- (4) D. Pereboom
Grondwaterstromingsmodellen; vergelijkend onderzoek,
Rijkswaterstaat, C.O.W., Rp. S-78.047a.
- (5) A. Verruijt
Theory of Groundwater Flow,
Mc Millan and co., London, 1970.
- (6) A. Verruijt
Applications of the finite element method in Geomechanics,
Collegedictaat T.H. Delft, 1978.
- (7) A. Verruijt
Some BASIC programs for finite element analysis,
Adv. Eng. Software, 1981, Vol. 3, No. 1.
- (8) A. Verruijt
Theory of Groundwater Flow,
Mc Millan and co., London, 1982.
- (9) J.R. Westlake
A Handbook of numerical matrix inversion and solution of
linear equations,
New York, Wiley, 1967.

BIJLAGE 1. ELEMENTENNET



BIJLAGE 2.1. Gegevens van testprobleem 1.

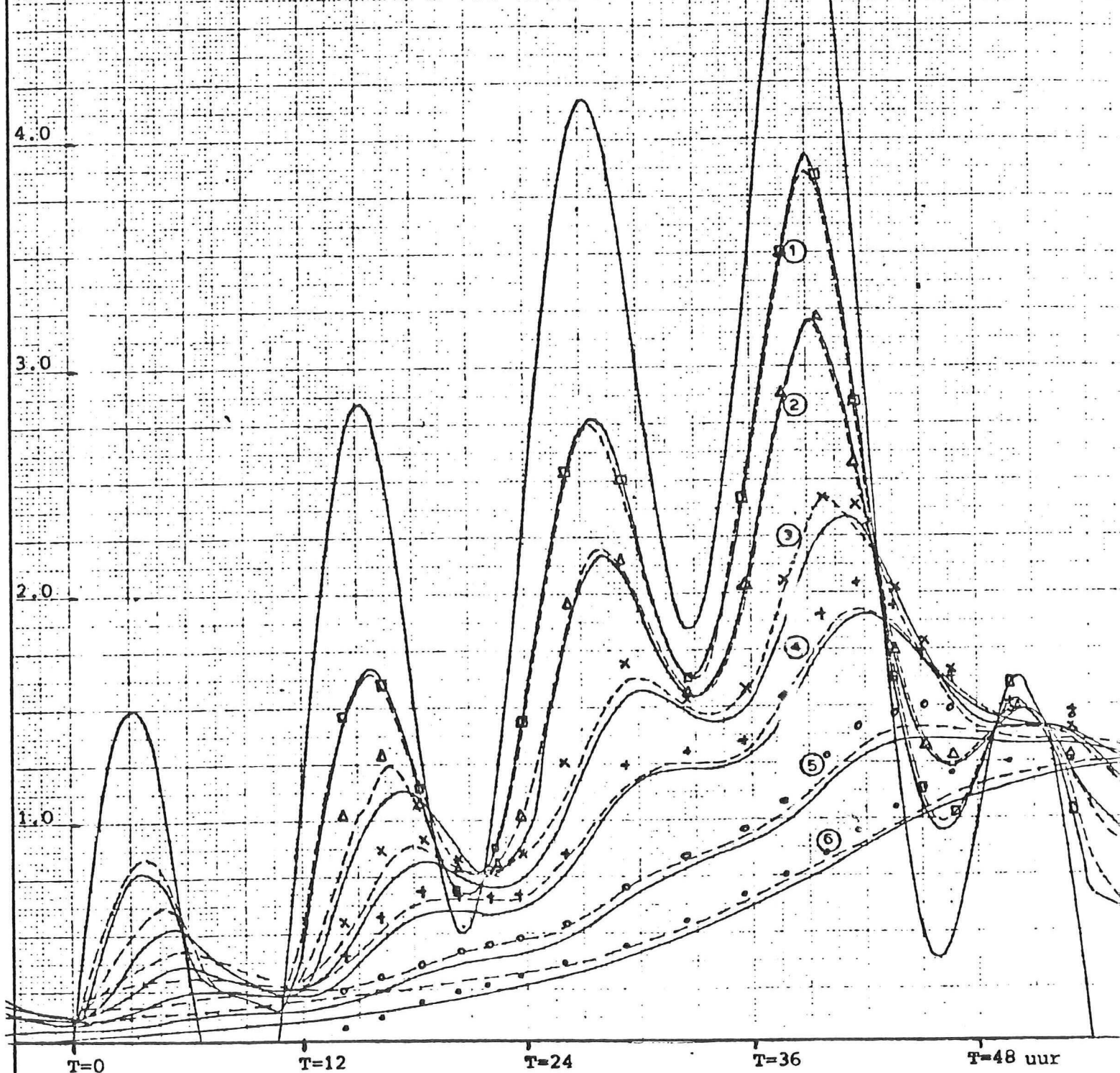
cotangent of the slope at the left side:	4
cotangent of the base of the dyke:	20
length of the dyke, at its base (m):	40
length of the mesh under the beach (m):	20
length of the sheet piling (m):	2
length of the asphalt matting (m):	0
original water level at the left side (m):	8.5
original water level at the right side (m):	8
the distance between the base of the dyke and the impermeable base (m):	8
permeability in horizontal direction (m/s):	1e-04
permeability in vertical direction (m/s):	1e-04
storativity (porosity):	.2
max. number of Gauss-Seidel iterations:	100
max. difference in two iterations:	1e-03
number of free surface iterations:	2
number of tides:	4.5
over-relaxation factor:	1.5
number of rows in mesh 1 and mesh 2:	4
number of columns in mesh 1:	6
number of columns in mesh 2 and mesh 3:	8
number of rows in mesh 3:	2
number of nodes:	95
number of elements:	144
there is a variable level at the right end boundary	
amplitude of sinusoidal wave (m):	1.5
period of sinusoidal wave (hours):	12
maximum height of wind set up (m):	4
number of tides in which the wind set up rises:	3
number of tides in which the wind set up falls:	1
calculation time (hours):	14.59

Testprobleem 1,
vergelijking GROFLOD
met Seep en Elnag.

VERLOOP STIJGHOOGTE MET DE TIJD

5.0 IN METER T.O.V. N.A.P.

RANDVOORWAARDE



□ meetpunt 1, X= 0.5 m uit de teen

Δ " 2, X= 4.5 m "

X " 3, X= 9.5 m "

+ " 4, X=14.5 m "

o " 5, X=23.5 m "

• " 6, X=40.0 m "

- - - - - Seep

————— Elnag

□ Δ X + o • GROFLOD

BIJLAGE 3.1.1. Gegevens van berekening 1.

cotangent of the slope at the left side:	5
cotangent of the base of the dyke:	20
length of the dyke, at its base (m):	110
length of the mesh under the beach (m):	50
length of the sheet piling (m):	2
length of the asphalt matting (m):	0
original water level at the left side (m):	24.5
original water level at the right side (m):	24
the distance between the base of the dyke and the impermeable base (m):	24
permeability in horizontal direction (m/s):	3e-04
permeability in vertical direction (m/s):	3e-04
storativity (porosity):	.3
max. number of Gauss-Seidel iterations:	50
max. difference in two iterations:	1e-03
number of free surface iterations:	2
number of tides:	4.2
over-relaxation factor:	1.5
number of rows in mesh 1 and mesh 2:	4
number of columns in mesh 1:	6
number of columns in mesh 2 and mesh 3:	12
number of rows in mesh 3:	2
number of nodes:	122
number of elements:	192
there is a constant level at the right side	
amplitude of sinusoidal wave (m):	1.5
period of sinusoidal wave (hours):	12
maximum height of wind set up (m):	3.5
number of tides in which the wind set up rises:	3
number of tides in which the wind set up falls:	1
calculation time (hours):	19.15

BIJLAGE 3.1.2. Gegevens van berekening 2.

cotangent of the slope at the left side:	5
cotangent of the base of the dyke:	20
length of the dyke, at its base (m):	100
length of the mesh under the beach (m):	50
length of the sheet piling (m):	2
length of the asphalt matting (m):	0
original water level at the left side (m):	24.5
original water level at the right side (m):	24
the distance between the base of the dyke and the impermeable base (m):	24
permeability in horizontal direction (m/s):	1e-04
permeability in vertical direction (m/s):	1e-04
storativity (porosity):	.3
max. number of Gauss-Seidel iterations:	50
max. difference in two iterations:	1e-03
number of free surface iterations:	2
number of tides:	4.25
over-relaxation factor:	1.5
number of rows in mesh 1 and mesh 2:	4
number of columns in mesh 1:	6
number of columns in mesh 2 and mesh 3:	12
number of rows in mesh 3:	2
number of nodes:	122
number of elements:	192
there is a constant level at the right side	
amplitude of sinusoidal wave (m):	1.5
period of sinusoidal wave (hours):	12
maximum height of wind set up (m):	3.5
number of tides in which the wind set up rises:	3
number of tides in which the wind set up falls:	1
calculation time (hours):	13.8

BIJLAGE 3.1.3. Gegevens van berekening 3.

cotangent of the slope at the left side:	5
cotangent of the base of the dyke:	20
length of the dyke, at its base (m):	95
length of the mesh under the beach (m):	50
length of the sheet piling (m):	2
length of the asphalt matting (m):	0
original water level at the left side (m):	24.5
original water level at the right side (m):	24
the distance between the base of the dyke and the impermeable base (m):	24
permeability in horizontal direction (m/s):	3e-05
permeability in vertical direction (m/s):	3e-05
storativity (porosity):	.3
max. number of Gauss-Seidel iterations:	50
max. difference in two iterations:	1e-03
number of free surface iterations:	2
number of tides:	4.25
over-relaxation factor:	1.5
number of rows in mesh 1 and mesh 2:	4
number of columns in mesh 1:	6
number of columns in mesh 2 and mesh 3:	12
number of rows in mesh 3:	2
number of nodes:	122
number of elements:	192
there is a constant level at the right side	
amplitude of sinusoidal wave (m):	1.5
period of sinusoidal wave (hours):	12
maximum height of wind set up (m):	3.5
number of tides in which the wind set up rises:	3
number of tides in which the wind set up falls:	1
calculation time (hours):	8.83

BIJLAGE 3.1.4. Gegevens van berekening 4.

cotangent of the slope at the left side:	5
cotangent of the base of the dyke:	20
length of the dyke, at its base (m):	110
length of the mesh under the beach (m):	60
length of the sheet piling (m):	0
length of the asphalt matting (m):	0
original water level at the left side (m):	30.5
original water level at the right side (m):	30
the distance between the base of the dyke and the impermeable base (m):	30
permeability in horizontal direction (m/s):	3e-04
permeability in vertical direction (m/s):	3e-04
storativity (porosity):	.3
max. number of Gauss-Seidel iterations:	50
max. difference in two iterations:	1e-03
number of free surface iterations:	2
number of tides:	4.25
over-relaxation factor:	1.5
number of rows in mesh 1 and mesh 2:	4
number of columns in mesh 1:	6
number of columns in mesh 2 and mesh 3:	12
number of rows in mesh 3:	2
number of nodes:	121
number of elements:	192
there is a constant level at the right side	
amplitude of sinusoidal wave (m):	1.5
period of sinusoidal wave (hours):	12
maximum height of wind set up (m):	3.5
number of tides in which the wind set up rises:	3
number of tides in which the wind set up falls:	1
calculation time (hours):	19.07

BIJLAGE 3.1.5. Gegevens van berekening 5.

cotangent of the slope at the left side:	5
cotangent of the base of the dyke:	20
length of the dyke, at its base (m):	110
length of the mesh under the beach (m):	60
length of the sheet piling (m):	0
length of the asphalt matting (m):	0
original water level at the left side (m):	30.5
original water level at the right side (m):	30
the distance between the base of the dyke and the impermeable base (m):	30
permeability in horizontal direction (m/s):	1e-04
permeability in vertical direction (m/s):	1e-04
storativity (porosity):	.3
max. number of Gauss-Seidel iterations:	50
max. difference in two iterations:	1e-03
number of free surface iterations:	2
number of tides:	4.25
over-relaxation factor:	1.5
number of rows in mesh 1 and mesh 2:	4
number of columns in mesh 1:	6
number of columns in mesh 2 and mesh 3:	12
number of rows in mesh 3:	2
number of nodes:	121
number of elements:	192
there is a constant level at the right side	
amplitude of sinusoidal wave (m):	1.5
period of sinusoidal wave (hours):	12
maximum height of wind set up (m):	3.5
number of tides in which the wind set up rises:	3
number of tides in which the wind set up falls:	1
calculation time (hours):	13.23

BIJLAGE 3.1.6. Gegevens van berekening 6.

cotangent of the slope at the left side:	5
cotangent of the base of the dyke:	20
length of the dyke, at its base (m):	110
length of the mesh under the beach (m):	60
length of the sheet piling (m):	0
length of the asphalt matting (m):	0
original water level at the left side (m):	30.5
original water level at the right side (m):	30
the distance between the base of the dyke and the impermeable base (m):	30
permeability in horizontal direction (m/s):	3e-05
permeability in vertical direction (m/s):	3e-05
storativity (porosity):	.3
max. number of Gauss-Seidel iterations:	50
max. difference in two iterations:	1e-03
number of free surface iterations:	2
number of tides:	4.2
over-relaxation factor:	1.5
number of rows in mesh 1 and mesh 2:	4
number of columns in mesh 1:	6
number of columns in mesh 2 and mesh 3:	12
number of rows in mesh 3:	2
number of nodes:	121
number of elements:	192
there is a constant level at the right side	
amplitude of sinusoidal wave (m):	1.5
period of sinusoidal wave (hours):	12
maximum height of wind set up (m):	3.5
number of tides in which the wind set up rises:	3
number of tides in which the wind set up falls:	1
calculation time (hours):	8.22

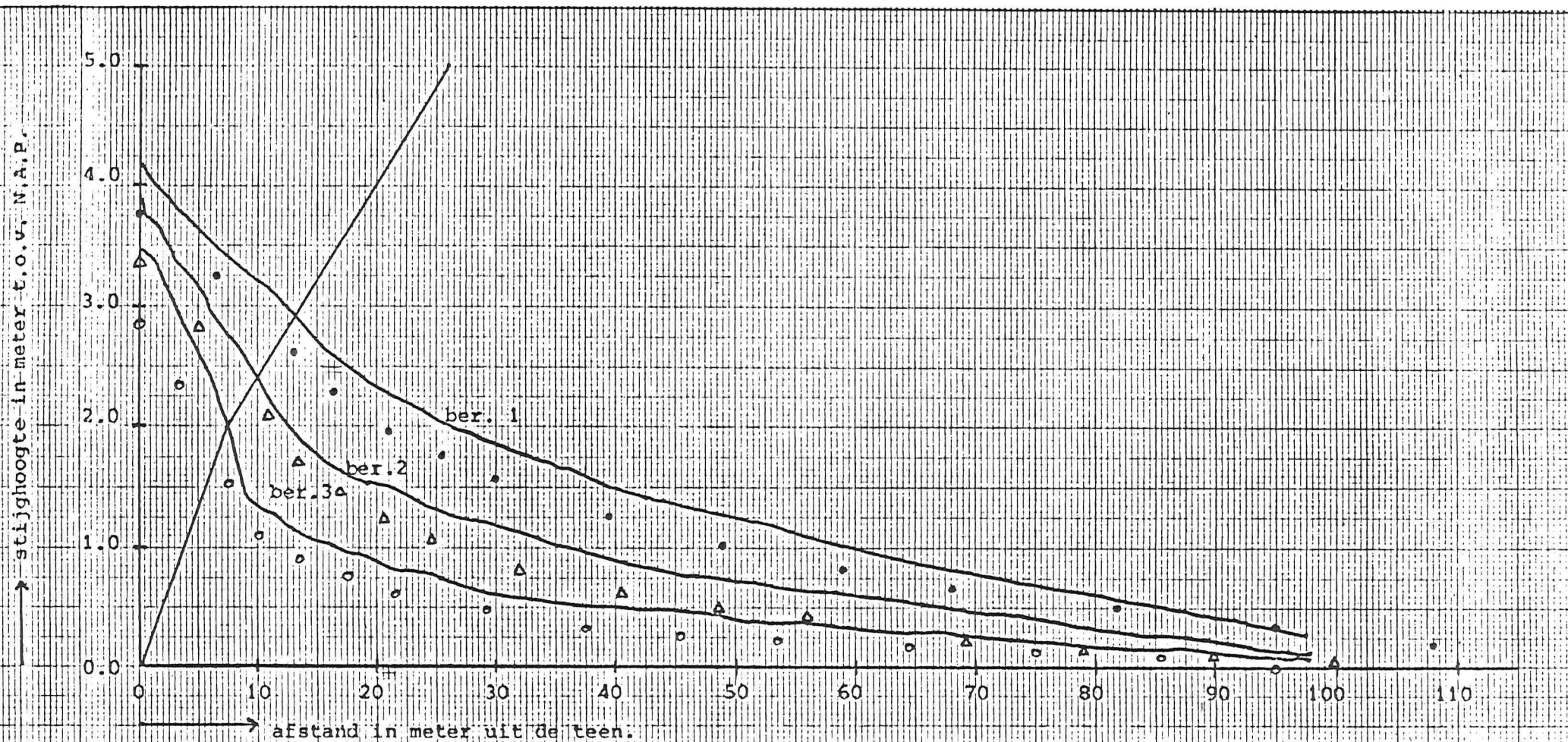
BIJLAGE 3.2.1.

Verloop van de waterspanningen en freatische hoogten ten tijde van maximale buitenwaterstand

N.A.P. +5.0 m voor berekening 1 ($k=0.0003$ m/s), 2 ($k=0.0001$ m/s) en 3 ($k=0.00003$ m/s) met damwand.

— Teledeltosmodel

• • Δ GROFLOD

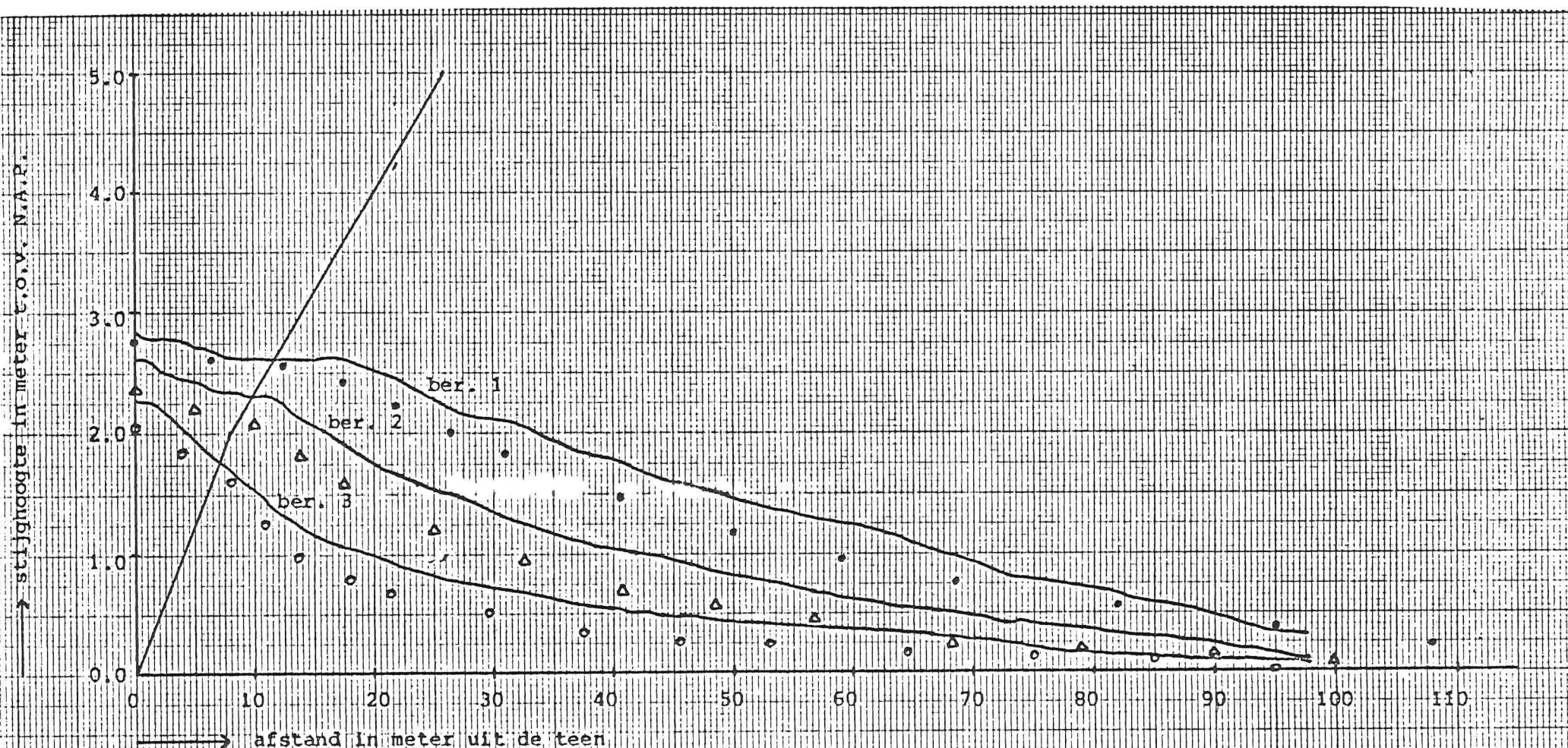


BIJLAGE 3.2.2.

Verloop van de freatische hoogten en waterspanningen ten tijde van buitenwaterstand N.A.P. + 3.0 m
voor berekening 1 ($k=0.0003$ m/s), 2 ($k=0.0001$ m/s) en 3 ($k=0.00003$ m/s) met damwand.

— Teledeltosmodel

• • Δ GROFLOD

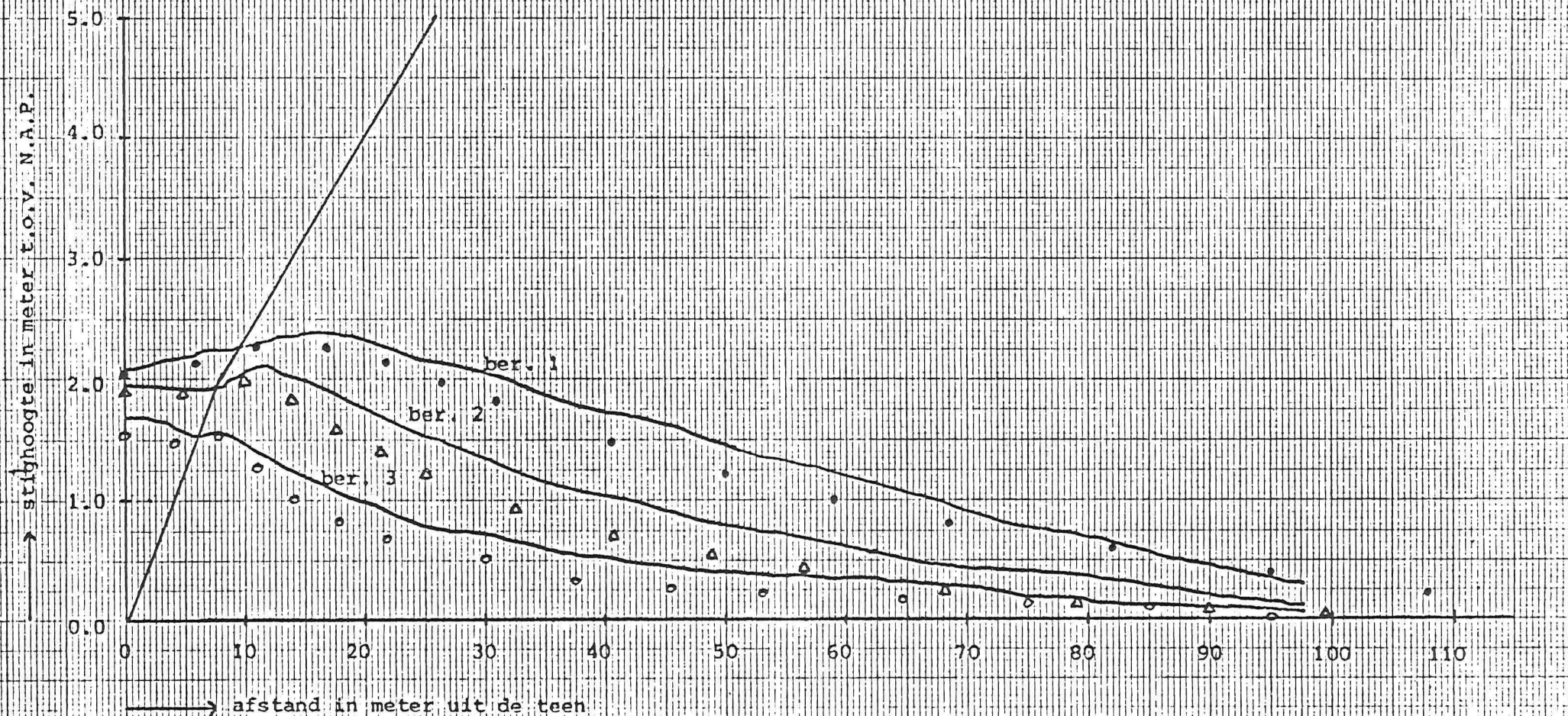


BIJLAGE 3.2.3.

Verloop van de waterspanningen en feitelijke hoogten ten tijde van buitenwaterstand N.A.P. + 2.0 m voor berekening 1 ($k=0.0003$ m/s), 2 ($k=0.0001$ m/s) en 3 ($k=0.00003$ m/s) met damwand.

— Teledeltosmodel

• • Δ GROFLOD



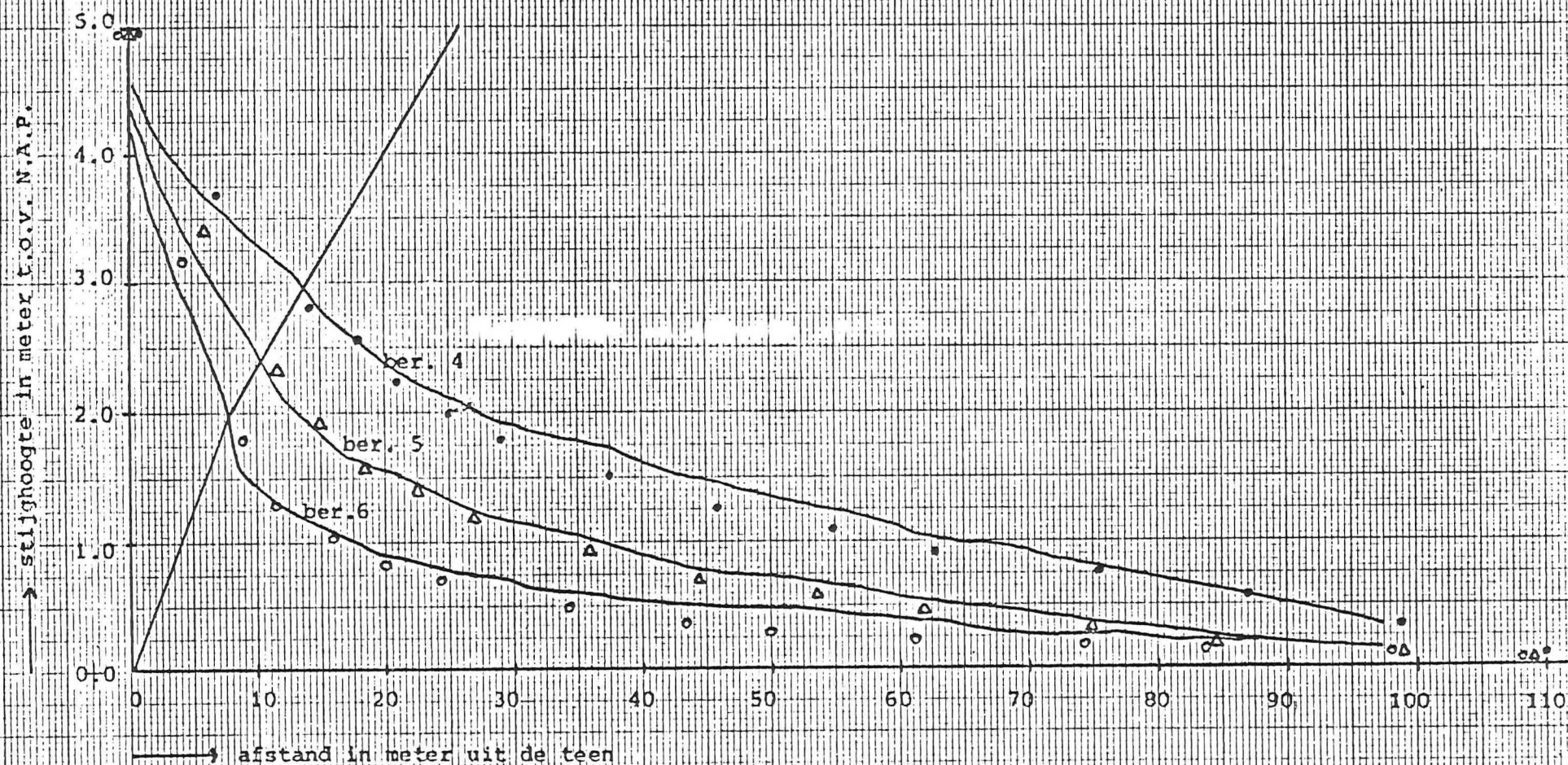
BIJLAGE 3.2.4.

VERLOOP VAN DE WATERSPANNINGEN EN FREATISCHE HOOGTEN TEN TIJDE VAN MAXIMALE BUITENWATERSTAND

N.A.P. + 5.0 M VOOR BEREKENING 4 ($k=0.0003$ m/s), 5 ($k=0.0001$ m/s) EN 6 ($k=0.00003$ m/s) ZONDER DAMWAND.

— TELEDELTOSEMODEL

• • Δ GROFLOD

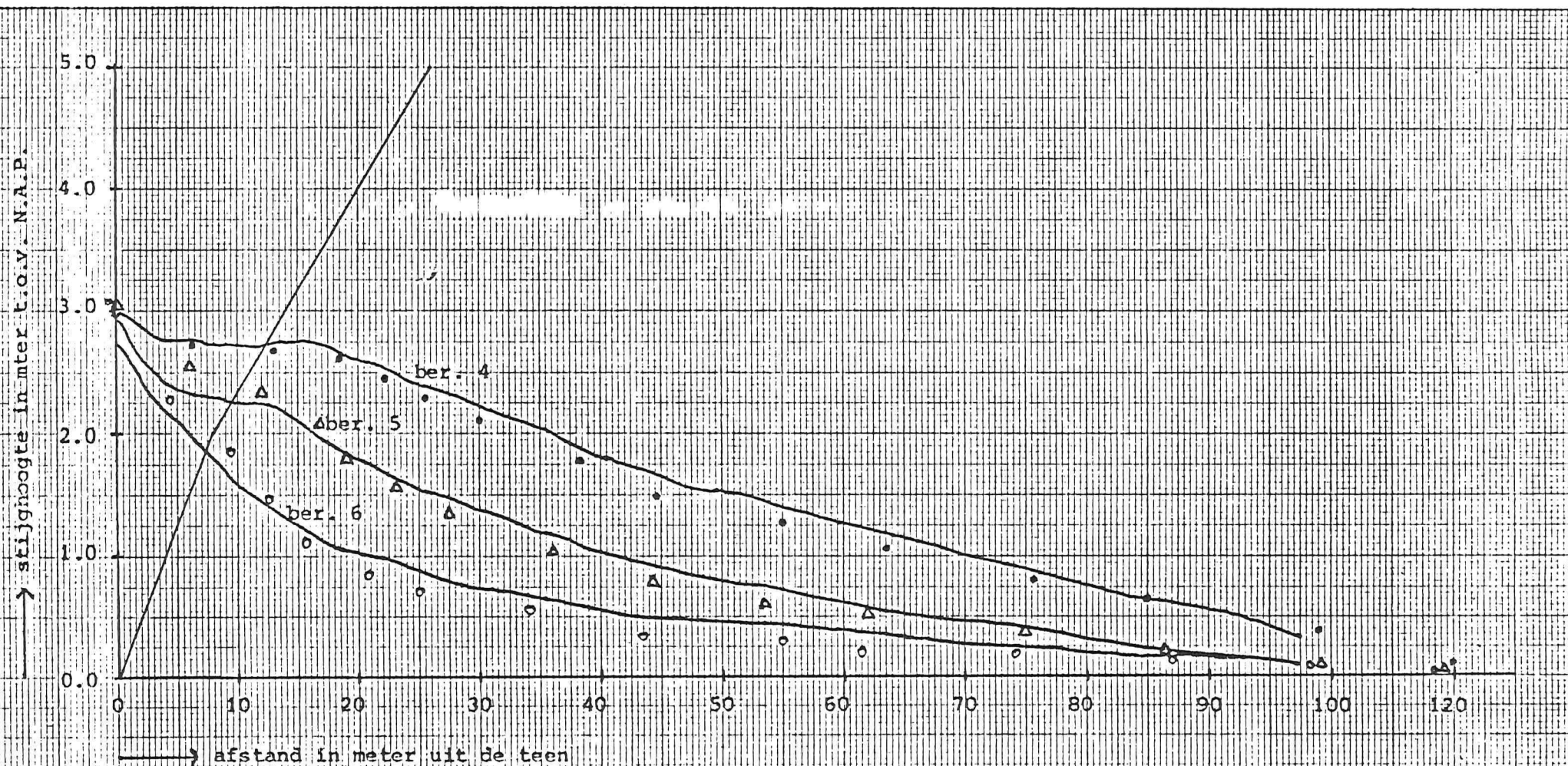


BIJLAGE 3.2.5.

Verloop van de waterspanningen en freatische hoogten ten tijde van buitenwaterstand N.A.P. + 3.0 m
berekening 4 ($k=0.0003$ m/s), 5 ($k=0.0001$ m/s) en 6 ($k=0.00003$ m/s) zonder damwand.

— Teledeltosmodel

• • Δ GROFLOD

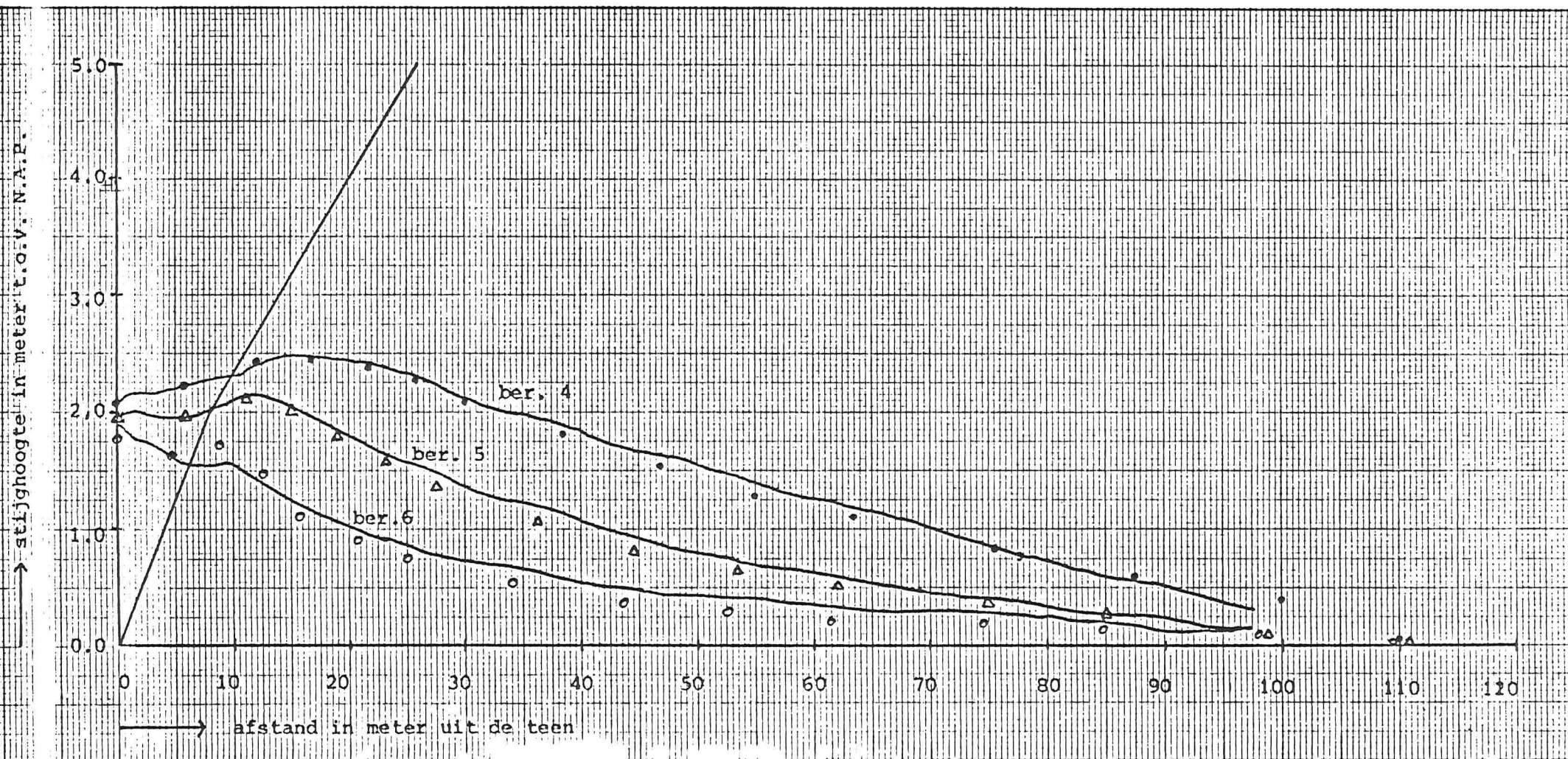


BIJLAGE 3.2.6.

Verloop van de waterspanningen en freatische hoogten ten tijde van buitenwaterstand N.A.P. + 2.0 m voor berekening 4 ($k=0.0003$ m/s), 5 ($k=0.0001$ m/s) en 6 ($k=0.00003$ m/s) zonder damwand.

— Teledeltosmodel

• • Δ GROFLOD




```

10 remXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
20 poke53,112
30 print"┐";tab(22);"          input program          "
40 print;tab(32);"      GROFLOD      "
50 print;tab(32);"      by      "
60 print;tab(32);"      JAN TALENS      "
70 print;tab(22);"      groundwater flow in dyke      "
75 print;tab(22);"      hit any key to continu      "
80 geta$:ifa$=""goto80
90 print"┐"
100 print"
110 print"This is a program for the calculation of the position of the "
120 print"free surface in a sand dyke with an impervious protection layer on
130 print"the slope at the left side and the calculation of the head under"
140 print"the protection layer in the case of unsteady flow, under the"
150 print"influence of tides and a storm surge."
160 print"Due to tidal fluctuation in the phreatic surface and hence, in the
170 print"pore pressures under the protection layer, uplift may occur and the
180 print"protection layer moves down along the slope."
190 print"Therefore the attention is drawn to the effect of accumulation of"
200 print"phreatic pore water during the storm and to the pressure at the"
210 print"asphaltic layer immediately after the storm fall off."
220 print"          hit any key to continue
230 geta$:ifa$=""goto230
240 print"┐"
250 print"
260 print"The program is based upon the finite element method, using"
270 print"Gauss-Seidel iteration with an over-relaxation factor to solve the
280 print"equations."
290 print"In order to reduce computing time, this program uses machine"
300 print"language subroutines, which have been developed by prof.dr.ir."
310 print"A. Verruijt, from the Delft University of Technology, who also"
315 print"developed the principles of this program."
320 print"In this part of the program, called 'input program', some"
330 print"explanation will be given and the inputdata will be gathered."
340 print"These inputdata will be transmitted to a datafile on the diskette"
350 print"i drive 1. After that, the main program and the machine language"
360 print"subroutines will be loaded. Finally the inputdata will be reloaded
370 print"from the diskette in drive 1 and the calculations will start."
380 print"As soon as the calculations are completed, the outputdata will be
390 print"transmitted to a datafile on the diskette in drive 1 and an out-
400 print"put program will be loaded, which will give the output on the"
410 print"screen or on the printer, whatever the user wants."
420 print"          hit any key to continue
430 geta$:ifa$=""goto430
440 print"┐"
450 print"
460 printchr$(142):printtab(37);:fori=1to12:printchr$(164);:nexti:print
470 printtab(36);"N";tab(48);chr$(167)
480 printtab(35);"N";tab(48);chr$(167)
490 printtab(34);"N";tab(38);"mesh 3";tab(48);chr$(167)
500 printtab(33);"N";tab(48);chr$(167)
510 printtab(18);chr$(207);:fori=1to29:printchr$(163);:nexti:printchr$(167)
520 printtab(18);chr$(165);tab(32);chr$(167);tab(48);chr$(167)

```

```

530 printtab(18);chr$(165);tab(22);"mesh 1";tab(32);chr$(167);" mesh 2";
540 printtab(48);chr$(167);printtab(18);chr$(165);tab(32);chr$(167);tab(48);
550 printchr$(167);printtab(18);chr$(165);tab(32);chr$(167);tab(48);chr$(167)
560 printtab(18);:fori=1to31:printchr$(163);:nexti:print""
570 print" hit any key to continue "
580 geta$:ifa$=""goto580
590 printchr$(14):print"┐"
600 print"
610 print"The element mesh is subdivided into mesh 1, mesh 2 and mesh 3."
620 print"Mesh 1 is situated at the left side of the toe between the beach"
630 print"and the impermeable base. Mesh 2 is situated between the base of"
640 print"the dyke and the impermeable base. Mesh 3 is situated between the"
650 print"base of the dyke and the free surface."
660 print"The boundary at the bottom of the network is formed by an"
670 print"impermeable base at a certain depth."
680 print"The dividing line between mesh 2 and mesh 3 is called 'base of the"
690 print"dyke' and may have an angle with the horizontal axis, in order to"
700 print"prevent that the vertical element size in mesh 3 becomes too small"
710 print" hit any key to continue "
720 geta$:ifa$=""goto720
730 print"┐"
740 print" please enter the following variables: "
750 input"length of the dyke, at its base (m) 40";w1
760 ifw1<=0thengosub1960:goto750
770 input"length of the mesh under the beach (m) 20";w2
780 ifw2<=0thengosub1960:goto770
790 input"distance between the toe and impermeable base (m) 8";ao
800 ifao<=0thengosub1960:goto790
810 input"cotangent of the slope at the left side 4";a1
820 ifa1<=0thengosub1960:goto810
830 input"cotangent of the slope of the base 10";ab
840 ifab<=w1/a0thengosub1960:goto830
850 print"original water level at the left side"
860 input"in meters above the impermeable base 9";hh
870 ifhh<=a0thengosub1960:goto850
880 ifhh>a0+1thengosub1980:goto850
890 print"original water level at the right side"
900 input"in meters above the impermeable base 6";hr
910 ifhr<=0thengosub1960:goto890
920 print"┐"
930 input"amplitude of sinusoidal wave (m) 1.5";am
940 ifam<0thengosub1960:goto930
950 input"period of sinusoidal wave (hours) 12";pt
960 ifpt<=0thengosub1960:goto950
970 input"maximum height of the wind set up (m) 4";hs
980 ifhs<0thengosub1960:goto970
990 input"number of tides in which the wind set up rises 3";ri
1000 ifri<=0thengosub1960:goto990
1010 input"number of tides in which the wind set up falls 1";fa
1020 iffa<=0thengosub1960:goto1010
1030 print"┐"
1040 print"When a mine stone layer near the toe is present,"
1050 print"anisotropy becomes impossible."
1060 print"Do you want a mine stone layer ?":gosub1890:pk=0:ifp9=0goto1120

```

```

1070 input"permeability in mine stone layer (m/s) 0.001~~~~~";pk
1080 ifpk<=0thengosub1960:goto1070
1090 input"permeability in the sand (m/s) 0.0001~~~~~";ph
1100 ifph<=0thengosub1960:goto1090
1110 goto1160
1120 input"permeability in horizontal direction (m/s) 0.0001~~~~~";ph
1130 ifph<=0thengosub1960:goto1120
1140 input"permeability in vertical direction (m/s) 0.0001~~~~~";pv
1150 ifpv<=0thengosub1960:goto1140
1160 print"Do you want a valve construction in the toe, which"
1170 print"will open when there is a pressure overburden under"
1180 print"the protection layer near the toe?":gosub1890:p8=0:ifp9=1thenp8=
1190 input"storativity (0<sr<1) 0.2~~~~~";sr:ifsr<=0thengosub1960:goto1190
1200 ifsr>=1thengosub1980:goto1190
1210 print"┐"
1220 print"
1230 input"number of gauss-seidel iterations 50~~~~~";z%
1240 ifz%<=0thengosub1960:goto1230
1250 input"maximum difference in two iterations 0.001~~~~~";es
1260 ifes<=0thengosub1960:goto1250
1270 input"relaxation factor 1<r<2 1.5~~~~~";r:ifr<1thengosub1960:goto1270
1280 ifr>=2thengosub1980:goto1270
1290 input"number of free surface iterations 2~~~~~";ni
1300 ifni<>2thenprint"impossible! the inputvalue needs to be 2":goto1290
1310 input"number of tides 5~~~~~";ns:print"┐":ifns<=0thengosub1960:goto1310
1320 print"
1330 print"Mesh 1 and mesh 2 are allowed to have 2,4 or 6 rows of main"
1340 print"elements, with an element size in the proportion of 1:1:2:2:3:3."
1350 input"number of rows in mesh 1 and mesh 2 2~~~~~";n1:n1=n1+1
1360 ifn1<3thengosub1960:goto1330
1370 ifn1>7thengosub1980:goto1330
1380 print"Mesh 1 is allowed to have 2,4 or 6 columns of main elements,"
1390 print"with an element size in the proportion of 1:1:2:2:3:3."
1400 input"number of columns in mesh 1 4~~~~~";n2:n2=n2+1
1410 ifn2<3thengosub1960:goto1380
1420 ifn2>7thengosub1980:goto1380
1430 print"Mesh 2 and mesh 3 are allowed to have 4,8,12 or 16 columns"
1440 print"of main elements, with an element size in the proportion of"
1450 print"1:1:1:1:2:2:2:2:3:3:3:3:4:4:4:4."
1460 input"number of columns in mesh 2 and mesh 3 8~~~~~";n3:n3=n3+1
1470 ifn3<5thengosub1960:goto1430
1480 ifn3>17thengosub1980:goto1430
1490 print"Mesh 3 is allowed to have 1,2 or 3 rows of main elements,"
1500 print"with an element size in the proportion of 1:1:1."
1510 input"number of rows in mesh 3 2~~~~~";n4:n4=n4+1
1520 ifn4<2thengosub1960:goto1490
1530 ifn4>4thengosub1980:goto1490
1540 print"┐"
1550 print"Do you want a sheet pile construction at the toe?":gosub1890
1560 ifp9=0thened=0:goto1600
1570 input"number of rows in sheet piling 2~~~~~";ed
1580 ifed>=n1-1thengosub1980:goto1570
1590 ifed<=0thengosub1960:goto1570
1600 print"Do you want an asphalt matting before the toe?":gosub1890
1610 ifp9=0thenww=0:goto1650

```

```

1620 input"number of columns in asphalt matting 2~~";ww
1630 ifww>=n2-1thengosub1980:goto1620
1640 ifww<=0thengosub1960:goto1620
1650 print"Do you want a constant level at the right end boundary?"
1660 print"If not, it will be an impervious boundary with a variable level."
1670 gosub1890:t5=0:if p9=1thent5=1
1680 n=n1*(n2-1)+n3*(n1+n4-1)+ed:m=2*(n1-1)*(n2-1)+2*(n3-1)*(n1+n4-2)
1690 ifn<180goto1720
1700 print"└"
1710 print"Out of memory, please enter a smaller mesh.":goto1330
1720 dopen#1,"inputdata",w,d1
1730 ifds<>0thenprintds$:stop
1740 print#1,a1:print#1,ab:print#1,w1:print#1,w2:print#1,hh:print#1,hs
1750 print#1,ao:print#1,am:print#1,ph:print#1,pv:print#1,sv:print#1,pt
1760 print#1,z%:print#1,es:print#1,ni:print#1,ns:print#1,r:print#1,ri
1770 print#1,n1:print#1,n2:print#1,n3:print#1,n4:print#1,ed:print#1,fa
1780 print#1,ww:print#1,n:print#1,pk:print#1,p8:print#1,hr:print#1,m
1790 print#1,t5
1800 ifds<>0thenprintds$:stop
1810 dclose#1
1820 print"└"
1830 print;tab(22);"          program groflod          "
1840 print;tab(28);"NON STEADY FLOW IN DYKE"
1850 print;tab(28);"WITH IMPERVIOUS COVERING"
1860 print;tab(22);"
1870 print;tab(22);"          loading mainprogram          ":clr:poke42,0
1880 poke44,0:poke46,0:poke43,42:poke45,42:poke47,42:dload"mainprogram",d0
1890 remXXXinput of yes/no replyXXX
1900 print"yes or no ? ~~~";
1910 geta$:ifa$=""goto1910
1920 ifa$="y"thenprint"yes":p9=1:goto1950
1930 ifa$="n"thenprint"no ":p9=0:goto1950
1940 goto1910
1950 return
1960 print"impossible! please enter a greater value."
1970 return
1980 print"impossible! please enter a smaller value."
1990 return
ready.

```

BIJLAGE 5.

```

10 rem110
20 rem*****mainprogram of1od*****
30 poke53,112
40 print"p";tab(21);"          program of1od          "
50 print;tab(27);"NON STEADY FLOW IN DYKE"
60 print;tab(27);"WITH IMPERVIOUS COVERING"
70 print;tab(21);"          "
80 g%=0:h%=0:i%=0:j%=0:c%=0:w%=0:a%=0:b%=0:z%=0:r=0:d=0:poke1029,137
90 print;tab(21);"loading machine language subroutines"
100 load"0:gwf-assembler",8
110 g%=0:h%=0:i%=0:j%=0:c%=0:w%=0:a%=0:b%=0:z%=0:r=0:d=0
120 dimu(2),v(2),b(2),c(2)
130 dopen#1,"inputdata",d1
140 ifdc>0thenprintds$:stop
150 input#1,a1:input#1,ab:input#1,w1:input#1,w2:input#1,hh:input#1,hb
160 input#1,ao:input#1,am:input#1,ph:input#1,pv:input#1,sr:input#1,pt
170 input#1,z%:input#1,es:input#1,ni:input#1,ns:input#1,r:input#1,ri
180 input#1,n1:input#1,n2:input#1,n3:input#1,n4:input#1,ed:input#1,fa
190 input#1,ww:input#1,n:input#1,pk:input#1,pg:input#1,hr:input#1,m
200 input#1,t5
210 ifdc>0thenprintds$:stop
220 dclose#1
230 b%=-1:a%=n-1:t0=ti:t1=0:t2=0
240 dimx(a%),y(a%),t%(a%),m%(a%+1),f(a%),q(a%),t(b%),e(2,2),n%(b%,2)
250 fs=0:ss=0:tm=1.4:pi=3.14159265
260 rem*****generation of mesh*****
270 print"p";print;tab(25);"Generation of mesh"
280 rem*****
290 l=n2-1:1=n1-1:fori=1to1:i=(i-1)*n1+1:forj=1to11:jj=2*(i-1)+2*j-2
300 ji=j+1:i=j+i+j:n%(jj,0)=i-j-2:n%(jj,1)=i+j+n1-2:n%(jj,2)=i+j-1-1
310 n%(ji,0)=i-j-2:n%(ji,1)=i+j+n1-1:n%(ji,2)=i-j-1:nextj,i:k=ji:m=i+j+ed
320 rem*****mesh 2 *****
330 l=n3-1:1=n1-1:fori=1to1:i=(i-1)*(n1+n4-1)+mm+1:forj=1to1
340 jj=2*(i-1)*(n1+n4-2)+2*j-1+k:ji=j+1:i=j+i+j
350 n%(jj,0)=i-j-2:n%(jj,1)=i+j+n1+n4-3:n%(jj,2)=i+j+n1+n4-2
360 n%(ji,0)=i-j-2:n%(ji,1)=i+j+n1+n4-2:n%(ji,2)=i-j-1:nextj,i
370 fori=1ton1-ed:jj=2*i-1+k:ji=j+1:n%(jj,0)=n%(jj,0)-ed
380 n%(ji,0)=n%(ji,0)-ed:n%(ji,2)=n%(ji,2)-ed:nexti:n%(ji,2)=n%.ji,2)+ed
390 rem*****mesh 3 *****
400 l=n3-1:1=n4-1:fori=1to1:i=(i-1)*(n1+n4-1)+mm+n1:forj=1to1
410 jj=2*(i-1)*1+2*j-1+k+2*i*(n1-1):ji=j+1:i=j+i+j
420 n%(jj,0)=i-j-2:n%(jj,1)=i+j+n1+n4-3:n%(jj,2)=i-j-1
430 n%(ji,0)=i+j+n1+n4-3:n%(ji,1)=i+j+n1+n4-2:n%(ji,2)=i-j-1:nextj,i
440 rem*****calculation of pointer length*****
450 print"p";tab(25);"calculation of pointer length"
460 sys(30208):rem set memory map
470 print;tab(25);"tnode";i%+1:m%(0)=i%
480 sys(28672):rem jsr $7000
490 w%=w%+c%+1:i%=i%+1:i fi%<=a%goto470
500 w%=w%-1:i=v:w%:dimk%(w%),p(w%)
510 print;tab(25);"pointer length";w%+1:poke30437,234
520 rem*****calculation of pointer vector*****

```



```

530 print"t"
540 print;tab(25);"calculation of pointer vector"
550 m%(a%+1)=w%+1:w%=0:i%=0
560 sys(30208):rem reset memory map
570 print;tab(25);"node";i%+1:k%(w%)=i%:m%(i%)=w%
580 sys(28736):rem jsr $7040
590 w%=w%+c%+1:i%=i%+1:ifi%<=a%goto570
600 print;tab(25);"calculation of pointer vector completed"
610 d%=n2+n3-1:n%=n3:print"t"
620 dim ol(d%,2),ba(d%,2),tp(n%,2),ot(d%),tb(d%),tt(n%)
630 dim ps(n%),sl(n%),qq(n%),s(a%),z(1)
640 gk=hh:fori=0tom-1:t(i)=ph:nexti:ifpk=0goto690
650 remXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
660 fori=0ton4-1:forj=0to2*(n4-i)-1:ii=2*(n1-1)*n2-2+2*(n1+n4-2)*i+j
670 t(ii)=pk:nextj,i
680 remXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
690 remXXXmesh 1XXX2,4 or 6 rows and 2,4 or 6 columnsXXX
700 print"t";tab(25);"calculation of coordinates in mesh 1"
710 dv=ao/((n1-1)/2*((n1-1)/2+1)):dw=w2/((n2-1)/2*((n2-1)/2+1))
720 k=2:ol(1,1)=0:fori=(n2-1)/2to1step-1:forj=1to2:ol(k,1)=ol(k-1,1)+i*dw
730 k=k+1:nextj,i:fork=1ton2:ol(k,2)=0:ot(k)=0:ba(k,1)=ol(k,1):ba(k,2)=ao
740 tb(k)=2:ii=(k-1)*n1:ij=ii+1:a=ol(k,1):y(ii)=0:x(ii)=a
750 fori=(n1-1)/2to1step-1:forj=1to2:y(ij)=y(ij-1)+i*dv:x(ij)=a:ij=ij+1
760 nextj,i,k:ot(1)=0:uu=ij-n1
770 lw=0:ifed>0thenlw=(ed-.5)*dv:ifed=3ored=4thenlw=(2*ed-3)*dv
780 ifed=5thenlw=7.5*dv
790 lm=0:ifww>0thenlm=(ww-.5)*dw:ifww=3orww=4thenlm=(2*ww-3)*dw
800 ifww=5thenlm=7.5*dw
810 lw=int(100*lw+.5)/100:lm=int(100*lm+.5)/100
820 append#1,"inputdata",d1
830 print#1,lw:print#1,lm
840 dclose#1
850 printtab(25);"calculation of coordinates in mesh 1 completed"
860 remXXXmesh 2XXX8,12 or 16 columns and 2,4 or 6 rowsXXX
870 print;tab(25);"calculation of coordinates in mesh 2"
880 dw=w1/((n3-1)/4*((n3-1)/2+2)):k=n2+1:fori=1to(n3-1)/4:forj=1to4
890 ol(k,1)=ol(k-1,1)+i*dw:k=k+1:nextj,i:fork=1ton2+n3-1:ol(k,2)=0
900 ot(k)=0:ba(k,1)=ol(k,1):ba(k,2)=ao-(ba(k,1)-w2)/ab:a=ol(k,1):b=ba(k,2)
910 ii=(k-n2)*(n1+n4-1)+uu+ed:ij=ii+1:x(ii)=a:y(ii)=0:fori=(n1-1)/2to1step-1
920 forj=1to2:dv=b/((n1-1)/2*((n1-1)/2+1)):y(ij)=y(ij-1)+i*dv:x(ij)=a:ij=ij+1
930 nextj,i,k:uu=uu+n1-1:fori=n1*n2-edton1*n2-1:x(i+ed)=x(i)
940 y(i+ed)=y(i):nexti
950 print;tab(25);"calculation of coordinates in mesh 2 completed"
960 remXXXmesh 3XXX8,12 or 16 columns and 1 or 2 rowsXXX
970 print;tab(25);"calculation of coordinates in mesh 3"
980 tx=w1+w2:ty=ao+w1/a1:fori=1ton3:tp(i,2)=hh:tt(i)=2:a1=ty-ba(i+n2-1,2)
990 a2=tx-ba(i+n2-1,1):sl(i)=a2/a1
1000 tp(i,1)=ba(i+n2-1,1)+(tp(i,2)-ba(i+n2-1,2))*sl(i):nexti
1010 ifss<>1goto1040
1020 fori=1ton3:tp(i,2)=hh-(i-1)*(hh-hr)/(n3-1):tt(i)=0
1030 tp(i,1)=ba(i+n2-1,1)+(tp(i,2)-ba(i+n2-1,2))*sl(i):nexti:tt(n3)=2
1040 print"t";tab(25);"calculation of coordinates in mesh 3"
1050 fori=1ton3:a1=ba(i+n2-1,1):a2=ba(i+n2-1,2):b1=tp(i,1)-a1:b2=tp(i,2)-a2
1060 ii=(i-1)*(n1+n4-1)+uu:forj=1ton4:ij=ii+j-1+ed:aj=j-1:an=n4-1:jn=aj/an

```



```

1070 x(ij)=a1+jnxb1:y(ij)=a2+jnxb2:nextj,i
1080 remXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
1090 ifss>2then1140
1100 print"┐";tab(25);"incorporation of initial conditions"
1110 u=n2xn1-n1-1+ed:fori=2ton3:a1=tp(i,2):ii=(i-1)*(n1+n4-1)
1120 forj=1ton1+n4-1:f(u+ii+j)=a1:nextj,i
1130 u=n1xn2-1:fori=0tou:f(i)=gk:nexti:fori=1toed+n4-1:f(u+i)=tp(1,2):nexti
1140 fori=1ton2-ww:j=(i-1)xn1:f(j+n1-1)=gk:nexti
1150 u=n1xn2+n4-2+ed:fori=1ton3:j=(i-1)*(n1+n4-1)+u:f(j)=tp(i,2):nexti
1160 remXXXXXXtransformation of coordinate system in case of anisotropyXXXXXX
1170 ifpk=0thenpv=(pv/ph)^(-0.5):fori=0ton-1:y(i)=pv*y(i):nexti
1180 remXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
1190 fori=0tov:p(i)=0:nexti:print"┐"
1200 print;tab(25);"calculation of matrix":j%=0:ifss<>1goto1220
1210 printtab(25);"TTTTTcalculation of initial location free surface"
1220 sys(30208)
1230 print;tab(25);"Telement";j%+1
1240 sys(28800)
1250 j%=j%+1:ifj%<=b%goto1230
1260 print;tab(25);"calculation of matrix completed"
1270 remXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
1280 ifpk=0thenfori=0ton-1:y(i)=y(i)/pv:nexti:pv=ph*pv^(-2)
1290 remXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
1300 ifss>2then1380
1310 print"┐";tab(25);"incorporation of boundary conditions"
1315 lo=0:lb=0:tr=0
1320 fori=0ton-1:t%(i)=0:nexti:fori=n1xn2-1+edton1xn2+n4-3+ed:t%(i)=1b:nexti
1330 ifww>0thenfori=n2-ww+1ton2:tb(i)=0:nexti
1340 fori=0ton1-1:t%(i)=lo:nexti:fori=n-(n1+n4-1)ton-1:t%(i)=tr:nexti
1350 fori=1ton2:j=(i-1)xn1:t%(j)=ot(i):t%(j+n1-1)=tb(i):nexti:fori=2ton3
1360 j=(i-1)*(n1+n4-1)+n1xn2-n1+ed:t%(j)=ot(i+n2-1):t%(j+n1+n4-2)=tt(i):nexti
1370 j=n1xn2-n1:t%(j)=ot(n2):t%(j+n1+n4-2+ed)=tt(1)
1380 remXXXincorporation of valve construction at the toeXXX
1390 ifp8=0goto1410
1400 p9=n1xn2-1+ed:t%(p9)=0:ifgk<tp(1,2)orgk<f(p9)thent%(p9)=2:f(p9)=gk
1410 remXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
1420 print"┐"
1430 printtab(25);"solution of linear equations":l%=1:ifss<>1goto1450
1440 printtab(25);"TTTTTcalculation of initial location free surface"
1450 sys(30208)
1460 fori=0ton-1:s(i)=f(i):nexti:print;tab(25);"Titeration";l%:j%=0
1470 sys(29088)
1480 ep=0:fori=0ton-1:cc=abs(s(i)-f(i)):ifcc>epthenep=cc
1490 nexti:l%=l%+1:ifep>esandl%<=z%goto1460
1500 print;tab(25);"solution of linear equations completed"
1510 ifss=0thenss=1:goto1010
1520 ifss<>1goto1580
1530 ep=0:fori=1ton3-1:j=i*(n1+n4-1)+n1xn2-n1+ed-1:cc=abs(tp(i,2)-f(j))
1540 ifcc>epthenep=cc
1550 nexti:ifep<=.02thenfori=1ton3:tt(i)=2:nexti:goto1730
1560 fori=1ton3-1:j=i*(n1+n4-1)+n1xn2-n1+ed-1:tp(i,2)=f(j)
1570 tp(i,1)=ba(i+n2-1,1)+(tp(i,2)-ba(i+n2-1,2))*sl(i):nexti:goto1040
1580 remXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
1590 print"┐";tab(25);"calculation position of free surface"
1600 fori=1ton3:k=(i-1)*(n1+n4-1)+n1xn2+n4+ed-2:qq(i)=0:w=m%(k):l=m%(k+1)-w-1
1610 forj=0tol:qq(i)=qq(i)-p(w+j)*f(k%(w+j)):nextj,i

```

```

1620 dw=(tp(2,1)-tp(1,1))/2:qq(1)=qq(1)/dw
1630 l=n3-1:for i=2 to l:dw=(tp(i+1,1)-tp(i-1,1))/2:qq(i)=qq(i)/dw:next i
1640 dw=(tp(n3,1)-tp(1,1))/2:qq(n3)=qq(n3)/dw
1650 fs=fs+1:if fs>1 then 1670
1660 for i=1 to n3:ps(i)=tp(i,2):next i
1670 if fs=n1 then 1690
1680 for i=1 to n3-t5:tp(i,2)=ps(i)+ts*qq(i)/(2*sr):next i:goto 1700
1690 for i=1 to n3-t5:tp(i,2)=ps(i)+ts*qq(i)/sr:next i:fs=0
1700 if tp(1,2)<ao+0.1 then tp(1,2)=ao+0.1
1705 for i=1 to n3-t5:tp(i,1)=ba(i+n2-1,1)+(tp(i,2)-ba(i+n2-1,2))*s1(i):next i
1710 if fs>0 goto 1040
1720 print tab(25);"calculation position of free surface completed"
1730 rem***output data to relative datafile on diskette in drive 1 ***
1740 for i=1 to n3:for j=1 to 2:tp(i,j)=int(100*tp(i,j)+.5)/100:next j,i
1750 n5=n1*n2+ed-1:for i=n5 to n5+n4-1:x(i)=int(100*x(i)+.5)/100
1760 y(i)=int(100*y(i)+.5)/100:f(i)=int(100*f(i)+.5)/100:next i
1770 print "f";tab(25);"transmitting output to datafile on diskette"
1780 dopen#1,"outputdata",d1,113
1790 if ds<>0 then print ds#:stop
1800 record#1,((3+2*n3+3*n4)*(ss-1)+1)
1810 print#1,ts:print#1,tm:print#1,gk
1820 for i=1 to n3:print#1,tp(i,1):print#1,tp(i,2):next i:n5=n1*n2-1+ed
1830 for i=n5 to n5+n4-1:print#1,x(i):print#1,y(i):print#1,f(i):next i
1840 if ds<>0 then print ds#:stop
1850 close#1
1860 rem***calculation of time step***
1870 print "f";tab(25);"calculation of time step and"
1880 print tab(25);"variation of left side water level"
1890 ts=(tp(1,2)-ba(n2+1,2))/(n4-1):for i=2 to n3
1900 dx=((tp(i,2)-tp(i-1,2))^2+(tp(i,1)-tp(i-1,1))^2)^.5:if ts>dx then ts=dx
1910 next i:pq=ph:if pv>ph then pq=pv
1920 if pk>pq then pq=pk
1930 l=1/4320:ts=int(2*ts/3*(sr/(pq*1d))^.5):if tm>pt*ri then ts=int(ts/2)
1940 if ts>3000 then ts=3000
1950 tm=tm+int(100*ts/3600+.5)/100
1960 rem***variation of left side water level***
1970 if tm<pt*(ri+.25) or tm>pt*(ri+fat+.25) then ws=hs/(ri*pt)*(tm-pt/4):goto 1990
1980 ws=(hs/(fa*pt))*((ri+fat+.25)*pt-tm)
1990 om=2*pi/pt:if tm<pt*(ri+fat+.25) or tm>pt/4 then ws=0
2000 gk=ao+ws+am*sin om*tm:gk=int(100*gk+.5)/100:if gk<ao then gk=ao
2010 rem***determination of calculation time***
2020 if ti<t1 then t2=t1+24*216000
2030 t1=ti:ss=ss+1:i+tm<rs*pt then 1040
2040 t2=t2+ti:t2=(t2-t0)/216000:t2=int(100*t2+.5)/100
2050 append#1,"inputdata",d1
2060 print#1,t2
2070 close#1
2080 print "f";tab(30);"loading output program."
2090 clr:dload"outputprogram",d0

```

```

10 remXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
20 print"└";tab(21);"
30 printtab(32);"XXGROFLODXX"
40 printtab(29);"%OUTPUTPROGRAMX"
50 printtab(21);"
60 printtab(21);"      hit any key to continue
70 geta$:ifa$=" "goto70
80 print"└
90 print"The storm is over and the calculations are completed."
100 print"The results of the calculations have been transmitted to a relative
110 print"datafile, called 'outputdata', on the diskette in drive 1."
120 print"Do you want the results on the screen or on the printer ?"
130 print"On the screen ?":gosub1690:p5=0:ifp=1thenp5=1:goto150
140 print"The results will appear on the printer.":p6=1
150 print"Do you want every step to be printed ?":gosub1690
160 ifp=1thenpp=0:goto210
170 input"number of steps after which the output will be printed  90~";s
180 ifss<0goto170
190 input"number of calculation steps in one print step  2~";pp
200 ifpp<0goto190
210 print"Do you want to keep the results on the diskette ?":gosub1690
220 ifp=0thenp4=1:goto250
230 print"Then you must use a different diskette next time, or you must"
240 print"rename the datafiles inputdata and outputdata on the diskette."
250 print"      hit any key to continue
260 geta$:ifa$=" "goto260
270 print"└";tab(30);"reading inputdata."
280 dopen#1,"inputdata",d1
290 ifds<>0thenprintds$:stop
300 input#1,a1:input#1,ab:input#1,w1:input#1,w2:input#1,hh:input#1,hs
310 input#1,ao:input#1,am:input#1,ph:input#1,pv:input#1,sr:input#1,pt
320 input#1,z%:input#1,es:input#1,ni:input#1,ns:input#1,r:input#1,ri
330 input#1,n1:input#1,n2:input#1,n3:input#1,n4:input#1,ed:input#1,fa
340 input#1,ww:input#1,n:input#1,pk:input#1,p8:input#1,hr:input#1,m
350 input#1,t5:input#1,lw:input#1,lm:input#1,t2
360 ifds<>0thenprintds$:stop
370 dclose#1
380 n%=n:dimx(n%),y(n%),f(n%),tp(n3,2)
390 ifp5<>1goto820
400 print"└
410 print"cotangent of the slope at the left side:      ";a1
420 print"cotangent of the base of the dyke:            ";ab
430 print"length of the dyke, at its base (m):          ";w1
440 print"length of the mesh under the beach (m):       ";w2
450 print"length of the sheet piling (m):               ";lw
460 print"length of the asphalt matting (m):            ";lm
470 print"original water level at the left side (m):    ";hh
480 print"original water level at the right side (m):   ";hr
490 print"the distance between the base of the"
500 print"dyke and the impermeable base (m):            ";ao
510 print"permeability in horizontal direction (m/s):    ";ph
520 print"permeability in vertical direction (m/s):      ";pv

```

```

530 ifpk>0thenprint"permeability in mine stone layer (m/s):      ";pk
540 print"storativity (porosity):                                ";sr
550 print"max. number of Gauss-Seidel iterations:                ";z%
560 print"max. difference in two iterations:                      ";es
570 ifp8=1thenprint"there is a valve construction at the toe"
580 print"                                hit any key to continue.
590 geta$:ifa$=""goto590
600 print"|"
610 print"
620 print"number of free surface iterations:                      ";ni
630 print"number of tides:                                         ";ns
640 print"over-relaxation factor:                                   ";r
650 print"number of rows in mesh 1 and mesh 2:                    ";n1-1
660 print"number of columns in mesh 1:                             ";n2-1
670 print"number of columns in mesh 2 and mesh 3:                 ";n3-1
680 print"number of rows in mesh 3:                                ";n4-1
690 print"number of nodes:                                         ";n
700 print"number of elements:                                       ";m
710 print"amplitude of sinusoidal wave (m):                       ";am
720 print"period of sinusoidal wave (hours):                      ";pt
730 print"maximum height of wind set up (m):                      ";hs
740 print"number of tides in which the wind set up rises:        ";ri
750 print"number of tides in which the wind set up falls:       ";fa
760 ift5=1thenprint"there is a constant level at the right side":goto780
770 print"there is a variable level at the right end boundary"
780 print"calculation time (hours):                                ";t2
790 print"                                hit any key to continue.
800 geta$:ifa$=""goto800
810 ifp5=1gotol180
820 print"|" ;tab(30);"printing inputdata."
830 open1,4
840 print#1,"cotangent of the slope at the left side:            ";al
850 print#1,"cotangent of the base of the dyke:                  ";ab
860 print#1,"length of the dyke, at its base (m):                ";w1
870 print#1,"length of the mesh under the beach (m):            ";w2
880 print#1,"length of the sheet piling (m):                     ";lw
890 print#1,"length of the asphalt matting (m):                  ";lm
900 print#1,"original water level at the left side (m):          ";hh
905 print#1,"original water level at the right side (m):         ";hr
910 print#1,"the distance between the base of the"
920 print#1,"dyke and the impermeable base (m):                  ";ao
930 print#1,"permeability in horizontal direction (m/s):         ";ph
940 print#1,"permeability in vertical direction (m/s):           ";pv
950 ifpk>0thenprint#1,"permeability in mine stone layer (m/s):    ";p
960 print#1,"storativity (porosity):                              ";sr
970 ifp8=1thenprint#1,"there is a valve construction at the toe"
980 print#1,"max. number of Gauss-Seidel iterations:             ";z%
990 print#1,"max. difference in two iterations:                   ";es
1000 print#1,"number of free surface iterations:                 ";ni
1010 print#1,"number of tides:                                     ";ns
1020 print#1,"over-relaxation factor:                              ";r
1030 print#1,"number of rows in mesh 1 and mesh 2:                ";n1-1
1040 print#1,"number of columns in mesh 1:                         ";n2-1
1050 print#1,"number of columns in mesh 2 and mesh 3:             ";n3-1

```



```

1060 print#1,"number of rows in mesh 3:                ";n4-1
1070 print#1,"number of nodes:                        ";n
1080 print#1,"number of elements:                      ";m
1090 if t5=1 then print#1,"there is a constant level at the right side":goto1110
1100 print#1,"there is a variable level at the right end boundary"
1110 print#1,"amplitude of sinusoidal wave (m):        ";am
1120 print#1,"period of sinusoidal wave (hours):       ";pt
1130 print#1,"maximum height of wind set up (m):       ";hs
1140 print#1,"number of tides in which the wind set up rises: ";ri
1150 print#1,"number of tides in which the wind set up falls: ";fa
1160 print#1,"calculation time (hours):                ";t2
1170 print#1,:close1,4
1180 print"└";tab(30);"reading outputdata."
1190 dopen#1,"outputdata",d1,113
1200 record#1,((3+2*n3+3*n4)*ss+1)
1210 if ds<>0 then print ds$:stop
1220 input#1,ts:input#1,tm:input#1,gk
1230 for i=1 to 3:input#1,tp(i,1):input#1,tp(i,2):next i:n5=n1*n2-1+ed
1240 for i=n5 to 5+n4-1:input#1,x(i):input#1,y(i):input#1,f(i):next i
1250 if ds<>0 then print ds$:stop
1260 dclose#1
1270 if p5<>1 goto1460
1280 print"└
1290 print"time=";tm;"hours":print
1300 print"time step=";ts;"seconds. left side water level gk=";gk;"meters"
1310 print:print"position of free surface in meters:":print
1320 print"X-coordinate:";spc(4);"Y-coordinate:"
1330 for i=1 to 3:print spc(4);tp(i,1);spc(16-len(str$(tp(i,1)))));
1340 print tp(i,2):next i
1350 print"                                hit any key to continue.
1360 geta$:ifa$="" goto1360
1370 print"└
1380 print"head under impervious covering in meters:":print
1390 print"    X";spc(15);"Y";spc(15);"FI":print:n5=n1*n2-1+ed
1400 for i=n5 to 5+n4-1:print x(i);spc(16-len(str$(x(i)))));y(i);
1410 print spc(16-len(str$(y(i)))));f(i):next i
1420 print"                                hit any key to continue.
1430 geta$:ifa$="" goto1430
1440 ss=ss+pp+1:if tm<(ns*12-pp*ts/3600) goto1180
1450 goto1620
1460 print"└";tab(30);"printing outputdata."
1470 open1,4
1480 print#1,"time=";tm;"hours":print#1,
1490 print#1,"time step=";ts;"seconds. left side water level gk=";gk;"meters"
1500 print#1,:print#1,"position of free surface in meters:":print#1,
1510 print#1,"X-coordinate:";spc(4);"Y-coordinate:"
1520 for i=1 to 3:for j=1 to 2:tp(i,j)=int(100*tp(i,j)+.5)/100:next j,i
1530 for i=1 to 3:print#1,spc(4);tp(i,1);spc(16-len(str$(tp(i,1)))));
1540 print#1,tp(i,2):next i:print#1,
1550 n5=n1*n2-1+ed:for i=n5 to 5+n4-1:x(i)=int(100*x(i)+.5)/100
1560 y(i)=int(100*y(i)+.5)/100:f(i)=int(100*f(i)+.5)/100:next i
1570 print#1,"head under impervious covering in meters:":print#1,
1580 print#1,"    X";spc(15);"Y";spc(15);"FI":print#1,:n5=n1*n2-1+ed
1590 for i=n5 to 5+n4-1:print#1,x(i);spc(16-len(str$(x(i)))));y(i);
1600 print#1,spc(16-len(str$(y(i)))));f(i):next i:print#1,:close1,4

```

```
1610 ss=ss+pp+1:if tm<(ns*12-pp*ts/3600) goto 1180
1620 print "t"; tab(24); " end of program
1630 print tab(24); " have a lot of fun with the results "
1640 print tab(24); " goodbye
1650 if p4<>1 goto 1680
1660 scratch "inputdata", d1
1670 scratch "outputdata", d1
1680 stop
1690 rem ***input of yes/no reply***
1700 print "yes or no ?   r r ";
1710 geta$: if a$="" goto 1710
1720 if a$="y" then print "yes": p=1: goto 1750
1730 if a$="n" then print "no": p=0: goto 1750
1740 goto 1710
1750 return
```