

1988

Waterbeheer Natuur Bos en Landschap

4g

Waterhuishouding en standplaats

**Hydrologische systeemanalyse van
de Reitma (Drenthe)**

J.M.J. Gieske



35/290(4g)

Studiecommissie Waterbeheer Natuur, Bos en Landschap

35/290 C497

Waterhuishouding en standplaats

INHOUDSOPGAVE

Blz.

VOORWOORD

SAMENVATTING

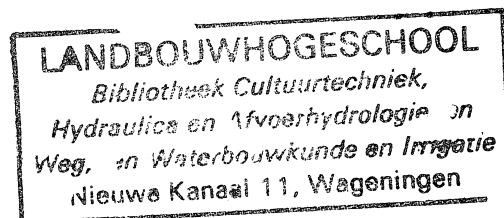
INLEIDING

1.	<u>Beschrijving van de Reitma</u>	1
1.1.	Hydrogeologische opbouw	1
1.2.	Hydrologische situatie in de Reitma	3
2.	<u>Simulatie van de hydrogeologie van de Reitma</u> <u>m.b.v. FLOWNET</u>	5
2.1.	Het programma FLOWNET	5
2.2.	Het regionale profiel	6
2.3.	Het lokale profiel	8
2.4.	Kwelintensiteit berekend uit afvoermetingen	9
3.	<u>Simulatie van stijghoogten en vochtgehalten</u> <u>in de Reitma m.b.v. WATBAL</u>	11
3.1.	Het programma WATBAL	11
3.2.	Invoer voor de Reitma	11
3.3.	Berekeningen en resultaten	12
3.4.	Vergelijking uitkomsten FLOWNET en WATBAL	14

CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

LIJST VAN FIGUREN EN TABELLEN

LITERATUUR



BIBLIOTHEEK
LANDBOUWUNIVERSITEIT
WAGENINGEN

35/290(49)



0000 0272 9370

ISSN = 264 889-05

LIJST VAN FIGUREN EN TABELLEN

- Figuur 1. Geologisch profiel P-P'.
- Figuur 2. Tijdstijghoogtelijnen van het oppervlakte-water in de Reitma voor de Nieuwe Elperstroom, nieuwe situatie (S17), de Nieuwe Elperstroom ongestuwd (P15), de middenloop (P16 en S3C) en nabij de zuidoostelijke stuw (S3D).
- Figuur 3. Tijdstijghoogtelijnen van het grondwater in de Reitma voor de peilbuizen B5, B6, B7, B8 en B9.
- Figuur 4. Hydrogeologische schematisatie van het regionale profiel P-P'.
- Figuur 5. Door FLOWNET berekende stroomlijnen voor het stijghoogteverloop op 14-1-1981.
- Figuur 6. Door FLOWNET berekend stroomlijnen en equipotentiaallijnenpatroon op 14-1-1986.
- Figuur 7. Door FLOWNET berekend stroomlijnen en equipotentiaallijnenpatroon voor het stijghoogteverloop op 28-1-1987.
- Figuur 8. Stijghoogteverloop in het regionale profiel op 14-1-1981, 14-1-1986 en 28-1-1987.
- Figuur 9. Hydrologische schematisatie van het lokale profiel D-D'.
- Figuur 10. Door FLOWNET berekend stroomlijnen en equipotentiaallijnenpatroon in het lokale profiel op 14-1-1981.
- Figuur 11. Door FLOWNET berekend stroomlijnen en equipotentiaallijnenpatroon in het lokale profiel op 14-1-1986.
- Figuur 12. Door FLOWNET berekend stroomlijnen en equipotentiaallijnenpatroon in het lokale profiel op 28-1-1987.
- Figuur 13. Stroomlijnen en equipotentiaallijnenpatroon in het lokale profiel op 14-1-1986, waarbij alle doorlatende formaties een horizontale doorlatendheid van 5 m/dag is toegekend.
- Figuur 14. Stijghoogteverloop in het lokale profiel op 14-1-1981, 14-1-1986 en 28-1-1987.
- Figuur 15. Bodemprofiel nabij B7.
- Figuur 16. Tijdstijghoogteverloop berekend door WATBAL (B7W), gemeten in peilbuis B7 en in de Nieuwe Elperstroom (S17).

- Figuur 17. Tijdstijghoogteverloop berekend door WATBAL (B7W), gemeten in peilbuis B7, in de Nieuwe Elperstroom bovenstrooms van de stuw (S17) en benedenstrooms van de stuw (P15).
- Figuur 18. Simulatie van het tijdstijghoogteverloop wanneer de stuw niet zou zijn geplaatst.

TABELLEN

- Tabel 1. Kwel- en infiltratie-intensiteiten in het regionale profiel.
- Tabel 2. Kwel- en infiltratie-intensiteiten in het lokale profiel.
- Tabel 3. Kwelintensiteit in de Reitma wanneer de horizontale doorlatendheid (behalve veen, beekleem en keileem) 5 m/dag bedraagt.
- Tabel 4. Invoergegevens van WATBAL, met de waarden die gebruikt zijn voor de simulatie van de Reitma.
- Bijlage 1. Kaart van de Reitma met lokatie van de profielen P-P' en D-D' en lokaties van de peilbuizen.

VOORWOORD

Dit rapport maakt deel uit van de verslaglegging van de Studiecommissie Waterbeheer Natuur, Bos en Landschap (SWNBL). De SWNBL is op 7 oktober 1982 ingesteld door de minister van Cultuur, Recreatie en Maatschappelijk Werk in overeenstemming met zijn ambtgenoten van Verkeer en Waterstaat en Landbouw en Visserij. De SWNBL heeft de opdracht een studie te verrichten naar de betekenis van het water, de waterhuishouding en het waterbeheer voor natuur, bos en landschap. Daarnaast zullen er aanbevelingen worden opgesteld voor inrichtings- en beheersmaatregelen op het gebied van natuur, bos en landschap in relatie tot de waterhuishouding. De duur van de gehele studie is bepaald op vijf jaar, ingaande 1 januari 1983.

Het studieveld van de SWNBL is breed en geschakeerd. De studie is daarom verdeeld in onderwerpen, die als afzonderlijke projecten worden uitgevoerd in opdracht van of in samenwerking met de commissie.

De studie wordt uitgevoerd in fasen, waarin steeds een samenhangend pakket van projecten behandeld wordt.

Deelrapporten leggen verslag van de afzonderlijke projecten. De verantwoordelijkheid voor de inhoud van deze rapporten berust bij de uitvoerende instanties.

Iedere fase van de studie wordt afgesloten met een interimrapport van de commissie, waarin de resultaten worden samengevat, de lijnen voor het vervolg van de studie worden uitgezet en waarin voor zover nodig de volgende fase van de studie wordt geprogrammeerd. De commissie is verantwoordelijk voor de tussentijdse rapportages, de interimrapporten en voor het eindrapport van de totale studie.

Deelrapporten en interimrapporten worden als twee doorlopende series genummerd. Een overzicht van de reeds verschenen rapporten is als bijlage aan dit deelrapport toegevoegd.

De studie van de Studiecommissie Waterbeheer Natuur, Bos en Landschap is opgedeeld in twee fasen. In de eerste fase is een inventarisatie gemaakt van bestaande methoden, technieken en gegevensbestanden relevant voor het na te streven doel. In de tweede fase van de studie worden deze methoden (modellen) en technieken getest in een aantal proef- en voorbeeldgebieden.

Deze gebieden dienen als proefobject van de SWNBL om een aantal van de reeds ontwikkelde modellen te testen, aan te passen en aan te vullen. Voor deze toetsing is het van belang dat er gegevens verzameld worden over de vegetatie, bodem, hydrologie en geschiedenis van deze gebieden.

Dit rapport doet verslag van de modellering van de hydrologische situatie in het voorbeeldgebied de 'Reitma' (reservaat Elperstroom, Drenthe). Het onderzoek en de rapportage zijn uitgevoerd door mw. J.M.J. Gieske in tijdelijke dienst bij SBB.

De begeleiding van het onderzoek was in handen van ing. J.G. Streefkerk, (SBB, afd. Waterhuishouding, Bodem en Lucht). In het komende jaar zal het waterkwaliteitsonderzoek worden afgerond. Ing. J.G. Streefkerk zal daarover nader rapporteren. De voorlopige bevindingen uit dit onderzoek sluiten echter goed aan bij de uitkomsten van dit onderzoek.

SAMENVATTING

In het kader van een SWNBL-project zijn in het reservaat de Elperstroom voor het deelgebied de Reitma de hydrogeologische situatie en de vochthuishouding van de bodem doorgerekend. In dit gebied is in 1981 een peilverbetering t.b.v. het natuurbeheer uitgevoerd door het plaatsen van een stuw. Bij de berekeningen is de situatie vóór de peilverbetering en de situatie erna met elkaar vergeleken. Voor de hydrogeologische situatie gebeurde dat met het programma FLOWNET, zowel voor een regionaal profiel als voor een lokaal profiel. Hieruit zijn verschillen in het verloop van de stroomlijnen in de ondergrond en de daarmee samenhangende kwelintensiteiten voor beide situaties berekend. Het is gebleken dat in de situatie vóór de peilverbetering de kwelstroom werd afgebogen naar de toen sterk drainerende Nieuwe Elperstroom, terwijl ná de peilverhoging de kwelintensiteit in deze leiding met een factor 3 à 4 maal afgenomen is en de kwelintensiteit in de Reitma zelf ongeveer 2 maal zo groot is geworden.

De vochthuishouding van de bodem werd doorgerekend m.b.v. het programma WATBAL. Het stijghoogteverloop in de Reitma in de periode van januari 1980 tot juli 1986 werd gesimuleerd en vertoonde vooral in de periode vanaf september 1983 een goede overeenkomst met de gemeten waarde. Omtrent de verdere resultaten van WATBAL en de toepassing van de berekende waarden voor het model ANIMO bestaan zekere twijfels.

INLEIDING

Enkele jaren geleden werden maatregelen genomen in het Elperstroomgebied om de ernstige achteruitgang van de beekdalvegetatie tot stilstand te brengen en het herstel en de ontwikkeling van de oorspronkelijke blauwgraslandvegetatie te bevorderen. Deze maatregelen hielden voor het deelgebied de Reitma o.a. in het plaatsen van twee stuwen om het peil in het reservaat te kunnen reguleren: een beweegbare stuw in de Nieuwe Elperstroom, de tot dan toe sterk drainerende leiding ten westen van het reservaat en een stuw in de zuid-oostelijke hoek. Deze maatregelen hadden tot gevolg dat het grondwaterniveau in het reservaat in het groeiseizoen niet meer tot onder de wortelzone daalde, waardoor de vochtminnende vegetatie zich kon herstellen.

Dit gebied is vervolgens vanwege dit succesvolle beheer tot voorbeeldgebied gekozen door de Studiecommissie Waterbeheer, Natuur, Bos en Landschap.

De SNWBL-commissie heeft zich ten doel gesteld de invloed van veranderingen in de waterhuishouding op natuur, bos- en landschap zo goed mogelijk te voorspellen.

Als basisinformatie hiervoor dient de hydrologische en de ecologische situatie in het te bestuderen gebied m.b.v. enkele op elkaar aansluitende computer programma's doorgerekend te worden.

Voor het Elperstroomreservaat zijn de volgende computerprogramma's gekozen. Voor het doorrekenen van de hydrogeologische situatie is het programma FLOWNET gebruikt, een tweedimensionaal stationair eindige verschillen programma van de Vrije Universiteit van Amsterdam. Voor het doorrekenen van het verloop van het grondwaterniveau en het vochtgehalte in de onverzadigde zone is het programma WATBAL toegepast, een 'ééndimensionaal' niet stationair analytisch programma van het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding te Wageningen. Hierop sluit het programma ANIMO aan, waarmee de nutriëntenhuishouding in de bodem berekend zal worden. Uiteindelijk zullen de gevonden a-biotische factoren m.b.v. een natuur-technisch-programma gekoppeld worden, waarmee de veranderingen in de vegetatie kunnen worden voorspeld.

Van deze reeks van programma's worden FLOWNET en WATBAL door Staatsbosbeheer voor hun rekening genomen, ANIMO door het ICW en het natuur-technisch-programma door het RIN. In die rapport worden na een analyse van de hydrologische situatie aan de hand van tijdstijghoogtelijnen van grondwater- en oppervlaktewatervlakken, de wijze van modellering, de berekeningen en de resultaten van FLOWNET en WATBAL gepresenteerd.

Ter ijking van FLOWNET werd d.m.v. afvoermetingen in het veld de kwelintensiteit bepaald. De door WATBAL berekende grondwaterstanden kunnen gecalibreerd worden m.b.v. de gemeten grondwaterstanden.

1. BESCHRIJVING VAN DE REITMA

Het reservaat 'de Elperstroom' in Drenthe bestaat uit de deelgebieden de Reitma, de Oosterma en de Stroetma. De Reitma, met een oppervlakte van ca. 41 ha, waarvan de eerste delen in 1956 werden aangekocht, wordt in deze studie nader onderzocht (zie bijlage 1). Dit deel van het reservaat bestaat voornamelijk uit madelanden met een blauwgraslandvegetatie, behorende tot het *Cirsio Molinietum*. De bodem nabij de Elperstroom heeft een venige bovenlaag en een matig fijn zandige onderlaag en is door StiBoKa als vlierveengrond gekarteerd (StiBoKa, 1978). Nu in de bovenlaag door ontwatering veraardingsprocessen op gang zijn gekomen behoren deze gronden echter tot de madeveengronden.

Wat verder van de beek komen moerige eerdgronden voor. De Reitma is vrij vlak, met maaiveldhoogten van minimaal 15.65 m + N.A.P. en maximaal 16.20 m + N.A.P. Binnen het reservaat is een micro-reliëf aanwezig, waardoor relatief natte, vochtige en drogere situaties dicht naast elkaar voorkomen. Dit komt tot uiting in de vegetatie die een mozaïkpatroon vertoont van droog - nat situaties.

1.1. Hydrogeologische opbouw

De hydrogeologische opbouw van de ondergrond is als volgt. De hydrogeologische basis ligt op ± 60 m - N.A.P. en wordt gevormd door de slechtdoorlatende formatie van Scheemda. Hierop is de formatie van Enschede afgezet, een goed doorlatende fluviatiele afzetting. Vanaf ± 50 m - N.A.P. tot ± 20 m - N.A.P. komt de formatie van Urk voor, een grofzandige, grindhoudende, goed doorlatende fluviatiele afzetting. Het onderste deel van deze formatie, de 'mengzone' is wat grover, en daardoor nog beter doorlatend dan het bovenste deel. Hierop is de formatie van Peelo afgezet, een fijnzandige periglaciaire matig doorlatende afzetting van ± 35 m dikte.

Ten oosten en ten westen van het reservaat komt boven de formatie van Peelo keileem voor, behorende tot de formatie van Drenthe. In het beekdal ligt de fijnzandige formatie van Twente direct op de Peelo formatie. Hierin komen ook beekleemlaagjes voor van enkele decimeters tot één meter dikte. Eveneens in het beekdal heeft zich hierop lokaal nog een veenlaag ontwikkeld.

Opvallend is verder dat zich onder het oostelijk deel een smalle ± 15 m diepe geulopvulling bevindt met vooral onderin grof grindhoudend zand, afgewisseld met leem- en veenlaagjes.

In figuur 1. zijn de genoemde formaties in een profiel weergegeven. De gegevens omtrent de geologische opbouw zijn verkregen uit de Toelichting op de geologische kaart van Nederland blad Emmen-Oost (Ter Wee, 1979) en een detailprofiel van het beekdal (Ter Wee, 1985). De ligging van het profiel is weergegeven in bijlage 1.

1.2. Hydrologische en botanische situatie in de Reitma

Oorspronkelijk werden de madelanden van de Reitma alleen ontwaterd door de Oude Elperstroom, en door een aantal ondiepe greppels die op de beek aansloten. Evenwijdig aan de Oude Elperstroom, ongeveer in het midden van het gebied, bevindt zich nog een deel van de oude beekloop, een ondiepe sloot die hierna de middenloop wordt genoemd. Het gebied ontving water door neerslag en kwel.

In 1963 is, ten bate van de ontwatering van landbouwgebieden de 'Nieuwe Elperstroom' aangelegd. In 1971 werd deze leiding verbreed en verdiept en werd aan de oostzijde van het reservaat eveneens een leiding gegraven om de waterafvoer vanuit de ruilverkaveling Grollo mogelijk te maken. Om verdroging van de Reitma te voorkomen werd een lemen dam aangelegd tussen het reservaat en beide leidingen. Andere beheersmaatregelen omvatten het afsluiten van de greppels en het plaatsen van een stuw in de zuid-oostelijke hoek van het reservaat (punt B in bijlage 1). Hierdoor werd het regenwater zo lang mogelijk vastgehouden, hetgeen echter op den duur leidde tot verzuring van het terrein. De karakteristieke blauwgraslandvegetatie ging in snel tempo in kwaliteit achteruit en plantensoorten van meer voedselarme en zure omstandigheden kregen een kans, zoals bv. veenpluis.

Bovendien bleek uit een in 1977 uitgevoerde studie (Romein, 1980) dat de leemdam langs de Nieuwe Elperstroom lek was en ook niet diep genoeg reikte om ontwatering te voorkomen.

Hiernaast ontstond het vermoeden dat de verzuring van het terrein werd versterkt doordat de kwelstroom, die oorspronkelijk groten-deels aan het reservaat ten goede kwam, door het relatief lage peil in de Nieuwe Elperstroom werd afgebogen naar deze leiding.

Hierbij versterken de effecten van een door de verdroging van de bodem grotere berging van regenwater en de afname van de kwel in het reservaat elkaar dus.

Ter verbetering van de situatie is een waterbeheersingsplan opgesteld (Streefkerk, 1978). Dat voorzag in een betere peilbeheersing van het reservaat en een verhoging van het peil in de Nieuwe Elperstroom tot een niveau dat het reservaat niet meer gedraineerd werd.

In april 1981 werd het waterbeheersingsplan in samenwerking met het waterschap De Oude Vaart uitgevoerd. In de Nieuwe Elperstroom werd een beweegbare stuw geplaatst (punt A in bijlage 1) en enkele sloten werden aangepast, waarbij één lozingspunt van het reservaat gecreëerd werd bij de zuid-oostelijke stuw (Beheersplan voor de periode 1985-1995, 1985).

Tevens werden de deels dichtgegroeide greppels opgeschoond, waardoor inundatie in de wintermaanden kon worden voorkomen en het overtollig regenwater sneller kon worden afgevoerd. Door deze maatregelen en een juist beheer, is het reservaat in botanisch opzicht sterk vooruit gegaan en zijn soorten karakteristiek voor de gewenste blauwgraslandvegetatie weer teruggekeerd.

Uit de tijdstijghoogtelijnen van grondwater en oppervlaktewater in de Reitma is het effect van deze maatregelen duidelijk af te lezen. In figuur 2 zijn de stijghoogten van de Nieuwe Elperstroom benedenstrooms van de stuw geplot (P15), het stuwpeil in de Nieuwe Elperstroom (S17), de stijghoogten in de middenloop (P16 en S3C) en die vóór de stuw in de zuid-oosthoek van het reservaat (S3D) voor de periode 1980-1986.

In deze figuur is te zien dat in 1981 tijdens het groeiseizoen een peilverhoging van ca. 40 cm bereikt werd t.o.v. het oude peil (P15). In 1982 en 1983 was dit m.u.v. de maand september ongeveer 25 à 50 cm. In 1984 werd een flinke peilverhoging bereikt, wederom met uitzondering van de maanden augustus en september, van gemiddeld ± 1.00 m t.o.v. het oude peil.

In 1985 en 1986 blijft dit hoge stuwpeil gehandhaafd. Uit het verloop van de tijdstijghoogtelijnen van de middenloop en die stroomopwaarts van de zuidoostelijke stuw blijkt dat het oppervlaktewaterniveau in de Reitma het peil van de Nieuwe Elperstroom volgt. Dat het grondwaterniveau eveneens vooral in 1985 en 1986 in het groeiseizoen flink omhoog is gebracht blijkt uit bijlage 3. Hierin zijn de stijghoogten in de periode 1980-1986 van een aantal peilbuizen die in een raai midden in de Reitma, loodrecht op de Elperstroom geplaatst zijn (zie figuur 1). B5 en B6 zijn peilbuizen die zich resp. op $\pm 1,5$ m en 15 m afstand van de Nieuwe Elperstroom bevinden; voor B7, B8 en B9 is dit resp. 65 m, 120 m en 170 m. In de figuur is ook de hoogte van het maaiveld en de diepte van de wortelzone weergegeven. Allereerst valt op dat in de periode 1980-1984 in de zomer de stijghoogten van alle buizen tot meer dan 50 cm onder de wortelzone dalen. In 1985 daalt het grondwaterniveau nauwelijks nog onder de wortelzone. De vegetatie kan zich dan ook goed herstellen en zeldzame plantensoorten zoals bv. Tweehuizige zegge, Moeraspaardehaarzegge, Vlozegge, Blonde zegge en Spaanse ruiter verschenen weer of kregen weer een grotere verspreiding over het gebied. Verder is ook het effect op de dichtbij de Nieuwe Elperstroom gelegen buizen B5 en B6 duidelijk; waar aanvankelijk nog sprake is van een opbollingseffect door de drainerende werking van de Nieuwe Elperstroom, blijkt dat vanaf 1984 deze opbolling veel minder is geworden en de stijghoogten, die aanvankelijk nauwelijks tot in de wortelzone reikten, nu ook in de wortelzone liggen.

2. SIMULATIE VAN DE HYDROGEOLOGIE VAN DE REITMA M.B.V.
FLOWNET

2.1. Het programma FLOWNET

Voor de simulatie van de hydrogeologische situatie werd gekozen voor het programma FLOWNET. FLOWNET is een stationair tweedimensionaal eindige-verschillen programma waarmee equipotentiaallijnen en stroomlijnen in een rechthoekig profiel door een inhomogene en anisotrope ondergrond berekend kunnen worden. Tevens kan voor iedere gewenste plek in het profiel de flux berekend worden. Voor ieder van de maximaal 4500 roosterpunten dienen de horizontale en verticale doorlaatbaarheden (K-waarden) opgegeven te worden en voor de roosterpunten op de randen van het profiel de stijghoogten. Hierbij kan ook gekozen worden voor een gesloten rand, bv. wanneer het profiel een ondoorlatende basis heeft, of wanneer er sprake is van een waterscheiding. Fluxen worden berekend over de randen van een roosterblokje waarbij het roosterpunt zich in het centrum van het roosterblokje bevindt. Voor het onderzoek in de Reitma zijn vooral de fluxen door de roosterblokken aan de bovenrand van het profiel van belang; hieruit kan de kwelintensiteit in de Reitma berekend worden.

In FLOWNET zijn echter geen roosterverdichtingen mogelijk, wat het modelleren van waterlopen bemoeilijkt.

Om de m.b.v. FLOWNET berekende kwelintensiteiten te iken, zijn van 16 tot 20 februari 1987 afvoermetingen uitgevoerd door het ICW. Mede vanwege deze ijkdatum werd besloten ook met FLOWNET een wintersituatie door te rekenen. Hierbij werd de situatie van vóór de plaatsing van de stuw in de Nieuwe Elperstroom en die van na de plaatsing met elkaar vergeleken. Hierbij werd voor beide datums (resp. 14 januari 1981 en 14 januari 1986) de regionale situatie het eerst doorgerekend. Daar voor het regionale profiel met name voor het deel buiten de Reitma geen stijghoogten bekend waren, werd hier gebruik gemaakt van de grondwatertrappen, waarbij de waarde van de GHG (gemiddeld hoogste grondwaterstand) van de topografische hoogte werd afgetrokken. Om een beter beeld te krijgen van de nauwkeurigheid die hiermee verkregen wordt, werden enkele stijgbuizen bijgeplaatst, waardoor de uit de grondwatertrappen verkregen stijghoogten plaatselijk iets gecorrigeerd konden worden.

Hierna werd ook voor 28 januari 1987 de hydrogeologische situatie doorgerekend. Het regionale profiel is weergegeven in bijlage 1 (profiel P-P¹).

Vervolgens werd de lokale situatie op de drie bovengenoemde tijdstippen doorgerekend. Het lokale profiel is weergegeven in bijlage 1 (profiel D-D¹).

2.2. Het regionale profiel

Uit een analyse van de topografie, de grondwatertrappen (StiBoKa, 1978) en het regionale isohypsenpatroon (Technische Werkgroep Grondwater plan, 1985) blijkt dat het infiltratiegebied van het regionale grondwatersysteem wordt gevormd door het Ellertsveld, ten oosten van het beekdal van de Elperstroom.

Vanaf het Ellerstveld is de diepe grondwaterstroming vrijwel loodrecht op het reservaat de Elperstroom gericht, zodat een beschouwing in een verticaal tweedimensionaal stromingsprofiel gerechtvaardigd lijkt.

Om het profiel niet te lang te maken, en daardoor te veel aan detailinformatie te missen werd het profiel niet tot aan de waterscheiding doorgetrokken. Deze keuze lijkt gerechtvaardigd daar het Ellertsveld zelf een vlak plateau vormt, en weinig bijdraagt aan de potentiaalverschillen over het profiel. De uiteindelijke lengte van het profiel bedraagt 2,75 km. Hiervan ligt 1,65 km ten oosten van de Reitma, en 450 m ten westen ervan. Als 'ondoorlatende' basis werd de formatie van Scheemda gekozen, waarvan de bovengrens zich op 60 m - N.A.P. bevindt. De horizontale afstand tussen de roosterpunten bedraagt 50 m, de verticale afstand 1 m. Als randvoorwaarden werden voor de bovenrand de gemeten en uit de grondwatertrappen afgeleide potentialen ingevoerd, waarbij voor de waterlopen de gemeten waterstanden werden genomen. Voor de zijranden werd een constante stijghoogte opgegeven, daar het stijghoogteverloop in de diepte onbekend is. Door dit laatste wordt wellicht een fout geïntroduceerd, die echter van weinig invloed is op de berekeningen nabij de Reitma, daar de afstand van de Reitma tot de randen voldoende groot is. Wel is van belang dat de peilen van de waterlopen voor het hele roosterblok gelden, dit is dus eveneens 50 m. De invloed van de potentialen in de waterlopen wordt hierdoor sterk vergroot. Als correctie hiervoor zijn onder de waterlopen verlaagde K-waarden aangebracht. Dit bleek echter slechts een gering effect te hebben.

Voor de modellering van de ondergrond werd gebruik gemaakt van de geologische kaart en bijbehorende profielen (Ter Wee, 1979). K-waarden van de verschillende formaties zijn in het gebied niet bepaald, dus werd gebruik gemaakt van de lithologische beschrijvingen (Ter Wee, 1979) en de formules van Ernst (1982). De geologie van de Reitma zelf is tot ± 30 m - N.A.P. redelijk goed bekend uit een onderzoek door de RGD (Ter Wee, 1985), waarbij onder meer de aanwezigheid van de ± 15 m diepe geulopvulling onder het oostelijk deel van de Reitma is gebleken. Voor de verticale K-waarden werd

$0,1-0,01 \times K_{\text{hor}}$ ingevoerd. Deze anisotropie factor is hoger dan algemeen voor pleistocene rivierafzettingen wordt aangenomen, maar bleek tot goede resultaten te leiden. De oorzaak van deze grote anisotropie moet waarschijnlijk gezocht worden in het feit dat de betreffende formaties (Peelo, Urk-I, Urk-Im en Enschede) ook leemlaagjes bevatten, die niet in de modellering zijn meegenomen*).

In figuur 4 is het geschematiseerde regionale profiel weergegeven. De resultaten van de berekeningen zijn weergegeven in figuur 5 voor januari 1981 in figuur 6 voor januari 1986 en in figuur 7 voor januari 1987. Het stijghoogteverloop dat is ingevoerd langs de bovenrand van het profiel is weergegeven in figuur 8.

De berekeningen konden slechts op een enkel punt geijkt worden, nl. in B18, waar de stijghoogte van het diepere grondwater bekend is. Uit de drie figuren blijkt dat er globaal drie grondwatersystemen te onderscheiden zijn. Een "lokaal" systeem, met een infiltratie aan de oostkant van het profiel en een aangrenzend kwelgebied oostelijk van de Reitma. Dit systeem is ongeveer 50 m diep. Veldwaarnemingen bevestigen infiltratie in het bovenbeschreven deel van het profiel (buis RIVM) en kwel in het oostelijk van de Reitma gelegen landbouwgebied (ijzerneerslag in de sloten, stijghoogten in buis 9). Het water dat in de Reitma omhoog kwelt behoort tot een wat dieper "subregionaal" systeem, dat over de oostelijke rand het profiel binnenkomt.

$$K_v = \frac{D}{\frac{d_1}{k_1} + \frac{d_2}{k_2} + \dots + \frac{d_n}{k_n}}$$

Stel dat in de Urk I-formatie, met een totale dikte van ± 15 m en een $K_v = K_h$ van 30 m/dag, 3 leemlaagjes voorkomen met een dikte van 1 m, en een K_v van 0,1 m/dag.

Uit de formule volgt dan een K_v voor de Urk-I-formatie van 0,5 m/dag. De anisotropie factor voor deze formatie is dan 60. Ook in andere modelleringssstudies is een dergelijk hoge anisotropie factor bekend. NWAOGAZIE gebruikte zelfs een factor $K_h = 1000 \times K_v$ in een studie van een pleistoceen sedimentatiebassin in Kansas (NWAOGAZIE, 1986). Zie ook de Wiest, 1969.

Hieronder bevindt zich nog grondwater dat vnl. horizontaal stroomt en tot het 'regionale' systeem behoort*).

Het effect van het peil in de Nieuwe Elperstroom op de verdeling van de kwel over de Reitma is uit een vergelijking van de drie figuren goed af te leiden. Uit figuur 5 (1981) blijkt dat vooral het westelijk deel van de Reitma, aangrenzend aan de Nw. Elperstroom weinig kwelwater ontvangt, daar dit grotendeels wordt afgebogen naar de Nw. Elperstroom. In de figuren 6 (1986) en 7 (1987) blijkt dat de verdeling van de kwel over de hele Reitma gelijkmatiger is geworden. In tabel 1 zijn de infiltratie- en kwelintensiteiten door de bovenrand van het profiel weergegeven. Hieruit blijkt dat de kwel gemiddeld over het reservaat ongeveer gelijk blijft, nl. $\pm 0,7$ mm/dag, maar dat in de situatie van vóór de plaatsing van de stuw in de Nw. Elperstroom een kwelintensiteit van $\pm 2,8$ mm/dag optrad, en in 1986 en 1987 dit nog maar $\pm 0,7$ mm/dag bedroeg. In het deel van het reservaat aangrenzend aan de Nw. Elperstroom werd voor 1981 een kwelintensiteit van 0,2 à 0,5 mm/dag berekend en voor 1986 en 1987 0,4 à 0,6 mm/dag. Het gebied tussen de middenloop en de oostelijke leiding ontvangt in 1986 en 1987 eveneens iets meer kwelwater; de kwelintensiteit is dan ± 1 mm/dag, tegenover $\pm 0,7$ mm/dag in 1981. Aan de door FLOWNET berekende kwelintensiteiten moet vooral een indicatieve waarde worden toegekend, met name doordat de waterlopen niet met hun werkelijke breedte kunnen worden ingevoerd.

2.3. Het lokale profiel

Het lokale profiel heeft een lengte van 1200 m en een diepte van 35 m. Hiervan ligt 350 m ten westen van de Reitma en 225 m ten oosten ervan. De horizontale afstand tussen de roosterpunten bedraagt 20 m, de verticale afstand 0,5 m. De geologische opbouw van de ondergrond werd zo nauwkeurig mogelijk gemodelleerd, waarbij weer gebruik werd gemaakt van het rapport van de RGD, boorbeschrijvingen en voor de bepaling van de horizontale K-waarden van de formules van Ernst. (Zie voor het geschematiseerde hydrogeologisch profiel figuur 9). Voor de stijghoogten langs de zijkanten en de onderkant van het profiel werden m.b.v. FLOWNET in het regionale profiel berekende waarden ingevoerd. Het berekende patroon van stroomlijnen en equipotentiaallijnen is voor de drie datums in 1981, 1986 en 1987 weergegeven resp. in de figuren 10, 11 en 12. In figuur 14 is het stijghoogteverloop uitgezet.

*) De hier gebruikte classificatie van grondwatersystemen is afkomstig uit de 'hydrologische systeemanalyse', gebaseerd op theorieën van Toth (Toth, 1963) en voor de Nederlandse situatie uitgewerkt door Engelen (bv. Engelen, 1984).

Wederom valt bij vergelijking van het stroomlijnenpatroon van 1981 met dat van 1986 en 1987 op dat in 1981 een sterke concentratie van stroomlijnen naar de Nieuwe Elperstroom optreedt.

In 1987 is ook de stijghoogte in een tweetal buizen in het landbouwgebied oostelijk van de Reitma waargenomen en ingevoerd. Dit peil blijkt wat lager te liggen dan het peil dat voor dit gebied is ingevoerd in 1981 en 1986. Dit verklaart de 'spreiding' van de stroomlijnen in 1987 in dit deel van het profiel.

In tabel 2 zijn de kwel- en infiltratie-intensiteiten weergegeven.

De gemiddelde kwelintensiteit in de Reitma bedroeg in 1981

0,8 mm/dag, in 1986 1 mm/dag en in 1987 0,8 mm/dag. De kwel naar de Nieuwe Elperstroom bedroeg in 1981, 1986 en 1987 resp. 3,9 mm/dag, 1,5 mm/dag en 1,8 mm/dag. Deze waarden liggen iets boven de waarden die voor het regionale profiel zijn uitgerekend. Kwalitatief blijft het resultaat echter gelijk.

Verder blijkt ook hier dat in het deel van de Reitma tussen de middenloop en de oostelijke leiding voor alle doorgerekende situaties de kwelintensiteit iets hoger is dan voor het deel aangrenzend aan de Nw. Elperstroom. In 1981 berekent FLOWNET zelfs voor dit laatste deel lokaal wat infiltratie. Dit lijkt mede te worden veroorzaakt doordat in het oostelijk deel van het lokale profiel de veel grovere geulopvulling voorkomt. Het profiel is daarom nogmaals doorgerekend waarbij alle formaties, uitgezonderd de slecht doorlatende kei- en beekleemlagen en het veen, een horizontale doorlatendheid van 5 m/dag werd toegekend. Het resulterend stroomlijnen en equipotentiaallijnenpatroon is weergegeven in figuur 13. In tabel 3 zijn de kwelintensiteiten gegeven. Bij vergelijking met de waarden in tabel 2 blijkt dat inderdaad de kwelintensiteit in het oostelijk deel van de Reitma wat is afgenomen, en in het deel tussen de Nw. Elperstroom en de middenloop is toegenomen. Mogelijk heeft de geulopvulling in werkelijkheid dus wat minder invloed dan nu blijkt uit de berekende kwelintensiteiten in tabel 2 en de stroomlijnenpatronen van bijlagen 10, 11 en 12.

2.4. Kwelintensiteit berekend uit afvoermetingen

De afvoermetingen zijn in de periode 16-20 februari 1987 2 à 3 keer per dag uitgevoerd. Hoewel dit een neerslagvrije periode was is in de voorafgaande week wel veel regen gevallen, zodat voor de bepaling van de kwelintensiteit de metingen van 19 en 20 februari het betrouwbaarst zijn. Dit blijkt ook uit de gedurende de week afnemende afvoeren. De aanvoer van oppervlaktewater naar de Reitma vindt alleen plaats via de middenloop (punt C in figuur 1). Afvoer vindt plaats via de zuidoostelijke stuw (punt B) en bij hoge waterstanden via een duiker, met terugslagklep vanuit de Oude Elperstroom naar de Nw. Elperstroom (punt C1). Tevens vindt ondergronds afvoer plaats naar de Nieuwe Elperstroom. Dit laatste kan echter niet gemeten worden.

In onderstaande grafiek zijn afvoeren en kwelintensiteiten gegeven.

	Aanvoer C (l/s)	Afvoer B (l/s)	Afvoer Cl (l/s)	B+Cl-C (m ³ /dag)	Kwel*) (mm/dag)
18-2	3.7	12.6	3.1	1.037	2.5
19-2	2.6	11.2	2.5	959	2.3
20-2	2.3	8.8	1.6	700	1.7

* De oppervlakte van de Reitma is ca. 41,7 ha.

Hieruit blijkt dat de hier berekende kwelintensiteit boven de door FLOWNET berekende waarde ligt. Dit wordt wellicht veroorzaakt door- dat de grondwaterafvoer vanuit het reservaat naar de Nieuwe Elperstroom niet kan worden meegenomen in de berekeningen en door stagnatie effecten in het reservaat.

2.5. Conclusies

Door de berekeningen met FLOWNET is bevestigd dat de kwelstroom van het subregionale grondwatersysteem vóór de plaatsing van de stuw in de Nieuwe Elperstroom grotendeels naar deze leiding werd afgebogen. FLOWNET berekent in de Nieuwe Elperstroom in 1981 een 3 à 4 keer grotere kwelintensiteit dan in 1986 en in 1987.

Dit had met name gevolgen voor het deel van de Reitma tussen de Elperstroom en de middenloop.

Voor dit gebied berekent FLOWNET na de peilverhoging in de Nieuwe Elperstroom een 2x grotere kwelintensiteit.

Bij de kwantitatieve interpretatie van de kwelintensiteiten in de Nieuwe Elperstroom moet wel in gedachten worden gehouden dat het ingevoerde waterpeil geldt voor het hele roosterblok en daardoor wellicht wat te hoog is berekend. De kwalitatieve interpretatie blijft uiteraard gelijk.

Geconcludeerd kan worden dat de peilverhoging, die in de periode 1981-1983 gedurende het groeiseizoen maximaal 50 cm bedroeg en in de periode 1984-1986 zelfs ± 100 cm was, een gunstige invloed heeft gehad op het vergroten van de kwelintensiteit van het gemineraliseerde grondwater in de Reitma, met name voor het westelijke deel. Dit weerspiegelde zich in het herstel van de blauwgraslandvegetatie, waarvan de eerste tekenen in het groeiseizoen van 1984 zichtbaar werden.

3. SIMULATIE VAN STIJGHOOGTEN EN VOCHTGEHALTEN IN DE REITMA
M.B.V. WATBAL

3.1. Het programma WATBAL

Het programma WATBAL, ontwikkeld op het ICW, is een niet stationair, analytisch programma, dat de waterbalans van een (begroeide) bodem simuleert (Berghuijs-Van Dijk, 1985).

Het bodemprofiel wordt hiertoe in twee lagen verdeeld, nl. de wortelzone en de onderliggende laag tot aan de laagste voorkomende grondwaterstand. Het programma berekent per tijdstip de hoogte van het grondwater onder maaiveld en het vochtgehalte, veroorzaakt door de mate van neerslag en evapotranspiratie, capillaire opstijging uit de onderliggende laag, transport van de wortelzone naar de onderliggende laag en de drainage door verschillende drainagesystemen. Tevens berekent WATBAL o.a. per tijdstip de flux naar de drainagesystemen en mate van kwel.

De invoer van het model bestaat uit de diktes van de beide lagen en hun pF-waarden, gegevens omtrent de drainagesystemen, gegevens omtrent de mate van bodembedekking door de vegetatie gedurende een jaar en de verdampingsreductiefactor van het gewas en neerslag- en openwater verdampingsdata per tijdstip.

3.2. Invoer van de Reitma

In de Reitma komen vnl. madeveengronden voor. Een groot aantal bodemprofielen zijn beschreven door Romein (Romein, 1980). In verband met de calibratie van de door WATBAL berekende stijghoogten is gekozen voor het doorrekenen van de situatie nabij peilbuis B7. Het bodemprofiel aldaar is weergegeven in figuur 15. De diepte van de wortelzone van de blauwgrasland- en schraallandvegetatie is vastgesteld op $\pm 0,30$ m. (Beringen en Wierds, 1986). De laagst voorkomende grondwaterstand in de doorgerekende periode (januari 1980 tot juli 1986) is 0,90 m onder maaiveld. Daar het drainageniveau van de Nieuwe Elperstroom in deze periode echter vaak dieper was, is een totale dikte van het bodemprofiel van 1,50 m doorgerekend.

Vochtgehalten bij veldcapaciteit, verwelkings- en verzadigingspunt voor de wortelzone en de onderliggende laag zijn bepaald uit een onlangs verschenen ICW-publikatie (Wösten, Bannink en Beuving, 1986). De capillaire opstijging en de bodembedekkingsgraad zijn vastgesteld in overleg met het ICW (resp. Groenendijk en Kemmers, pers. comm.). Voor de gewasreductiefactor voor de verdamping voor het zomer- en winterseizoen is 0,7 ingevoerd.

De invoer van de vier drainagesystemen is als volgt. Per drainage systeem dienen e.v. infiltratie (niet van toepassing op de Reitma), het drainageniveau, de radiale weerstand, de drainage afstand, de drainagediepte en de doorlatendheid nabij de leiding te worden ingevoerd.

Kwel kan worden gesimuleerd door het 'drainageniveau' boven maaiveld te kiezen. De verschillende drainageniveaus kunnen zowel constant als per tijdstip variabel ingevoerd worden. Voor de simulatie van de Reitma is de kwel constant gehouden op 0,02 m boven maaiveld. Het 'tweede' drainagesysteem wordt gevormd door de Nieuwe Elperstroom. Hiervan is het drainageniveau variabel ingelezen. Voor de periode van januari 1980 tot april 1981 is dit het oorspronkelijke peil, daarna, na de plaatsing van de stuw, het gestuwde peil. Het derde en vierde drainageniveau, dat van de middenloop en van de greppels, zijn constant gehouden op resp. 0,15 m en 0,10 m onder maaiveld. Uit figuur 2 blijkt al dat deze waterlopen nauwelijks een drainerend effect hebben. Omtrent de drain-afstand van de verschillende drainagesystemen bestaat wat onduidelijkheid. Er is, noch voor de Nieuwe Elperstroom, noch voor de middenloop, een gelijksoortige waterloop in het reservaat, waartussen de drainage-afstand gekozen zou moeten worden. Voor beide drainagesystemen is twee keer de afstand tussen de waterloop en peilbuis B7 genomen. Dit gaf goede resultaten. Voor de greppels is hun onderlinge afstand ingevoerd als drain-afstand. Voor de doorlatendheid rondom de leidingen is de horizontale doorlatendheid van de formatie of bodemlaag waarin ze zich bevinden ingelezen. Als drainagediepte is in eerste instantie één vierde keer de drainage-afstand aangehouden. (Berghuijs-Van Dijk, 1985, p. 3). De radiale weerstand is berekend uit de formule van Ernst:

$$wr = \frac{1}{\pi K} \ln \frac{D_0}{u} \quad \text{waarin } wr = \text{radiale weerstand}$$

D_0 = drain-afstand, K = doorlatendheid, u = natte omtrek.

Voor de Nieuwe Elperstroom levert dit bij een laag peil een radiale weerstand op van $0,7 \text{ m}^{-1}\text{d}^{-1}$ op en voor het gestuwde peil $0,6 \text{ m}^{-1}\text{d}^{-1}$.

Voor het eerste drainagesysteem (de kwel) is de totale verticale weerstand ingevoerd. Deze is berekend voor de door FLOWNET berekende diepte vanwaar de kwel afkomstig is, en vastgesteld op 750 dagen.

De bovenbeschreven invoergegevens staan weergegeven in tabel 4.

3.3. Berekeningen en resultaten

Een eerste simulatie met bovenbeschreven invoer resulteerde in een berekend stijghoogteverloop dat is weergegeven in figuur 16. In deze zijn ook de gemeten stijghoogtewaarden weergegeven en het (gestuwde) peil in de Nieuwe Elperstroom. Uit de bijlage blijkt dat voor de periode vanaf eind 1983 een goede overeenkomst werd bereikt tussen het gemeten en berekende stijghoogteverloop. Na een aantal simulaties waarbij steeds een andere drainageparameter werd veranderd bleek met name de radiale weerstand een sterk bepalende factor

te zijn. Na aanpassing van WATBAL, zodat de radiale weerstand variabel kon worden ingevoerd, werd empirisch een goede 'fit' verkregen, zie figuur 17.

Wel zijn hierbij hoge radiale weerstanden gebruikt; voor januari 1980 tot juli 1981 de waarde 3, voor juli 1981 tot juli 1982 de waarde 2,5, voor juli 1982 tot september 1983 1,5 en hierna 0,7.

De verklaring voor de gevoeligheid van WATBAL voor de radiale weerstand moet gezocht worden in de wijze van berekening van de drainageweerstand, m.b.v. de volgende formule:

$$\gamma = \omega * L + \frac{L^2}{8 * K * LD + h - h_d}$$

(γ = drainageweerstand, L = drainage-afstand, D = drainagediepte, h = stijghoogte, h_d = drainageniveau).

Uit de formule blijkt dat de gewenste grootte van de drainageweerstand, die m.b.v. de radiale weerstand werd bereikt, wellicht ook door verkleining van de drainagediepte kan worden verkregen. Dat de werkelijke drainagediepte kleiner is dan 35 m (één vierde keer de drainage-afstand) is wel aannemelijk; er is in de Reitma immers een vrij sterke kweldruk, er komen een aantal slecht doorlatende laagjes voor en er is sprake van anisotropie. Mogelijk moet aan een drainagediepte van slechts enkele meters gedacht worden. Helaas ontbrak de tijd om dit nog voor deze studie door te rekenen. Dat de drainageweerstand afneemt naarmate het drainageniveau hoger ligt is voor de hand liggend.

Uit de figuur blijkt dat vooral voor de periode vanaf medio 1982 een goede simulatie is verkregen. Het maximale verschil tussen de berekende en de gemeten stijghoogten is hier 14 cm, het gemiddelde verschil bedraagt 6,5 cm.

In de daaraan voorafgaande periode bedraagt het maximale verschil 36 cm, en het gemiddelde verschil 13,5 cm. De bij deze simulatie per tijdstip berekende waarden van de maximale verdamping, de kwelintensiteit, de fluxen naar de greppels, middenloop en Nieuwe Elperstroom, het vochtgehalte in de wortelzone en de diepte van het grondwater onder maaiveld zullen gebruikt worden als invoer voor het model ANIMO.

De situatie in de Reitma wanneer de stuw niet zou zijn geplaatst is gesimuleerd door de periode januari 1980 tot juli 1986 nogmaals door te rekenen, waarbij het peil benedenstrooms van de stuw is ingevoerd als drainageniveau en voor de radiale weerstand over de hele periode de waarde 3 is gekozen (deze waarde werd empirisch gevonden in hiervoor beschreven simulatie voor de 'oude situatie', vóór de plaatsing van de stuw). De resultaten van deze simulatie zijn weergegeven in figuur 18. De berekende grondwaterhoogten nemen in de zomer dan af tot ± 70 cm onder maaiveld.

Al eerder was geconcludeerd (p. 4) dat de grondwaterpeilverhoging in het groeiseizoen van 1985 inderdaad ongeveer 60 à 70 cm bedroeg.

3.4. Vergelijking uitkomsten FLOWNET en WATBAL

In de onderstaande tabel worden de kwelintensiteit ter plaatse van B7 en de flux naar de Nieuwe Elperstroom en de middenloop berekend door FLOWNET en door WATBAL met elkaar vergeleken.

	Kwelintensiteit B7 mm/dag			Flux naar Nw. Elperstr. mm/dag			Flux naar middenloop mm/dag		
Januari	'81	'86	'87	'81	'86	'87	'81	'86	'87
WATBAL	0,1	0,1	-	2,6	3,0	-	0,3	0,3	-
FLOWNET	0,09	0,6	0,23	3,85	1,45	1,8	0,55	0,7	0,6

Hieruit blijkt dat de resultaten voor beide programma's nogal verschillend zijn. WATBAL berekent niet, in tegenstelling tot FLOWNET, een toename van de kwelintensiteit in het westelijk deel van de Reitma, gedurende de rekenperiode, noch een afname van de kwelintensiteit in de Nieuwe Elperstroom. Dit is wellicht gedeeltelijk te verklaren uit het feit dat de kwelintensiteit constant is opgegeven voor de hele periode. Ook is de berekende kwelintensiteit van 0,1 mm/dag nogal laag; uit de afvoermetingen werd een kwelintensiteit van 1,7 mm/dag bepaald en uit de berekeningen met FLOWNET volgde een kwelintensiteit van 0,7-1 mm/dag.

Verder berekent WATBAL een toename van de kwelintensiteit in de zomer van 0,1 mm/dag naar 0,9 mm/dag. Dit is onlogisch. Ook het berekende vochtgehalte in de wortelzone is over de hele periode ongeveer constant, terwijl hier een toename verwacht mag worden. WATBAL geeft dus geen informatie omtrent het effect van de peilverhoging. Weliswaar werden de stijghoogten berekend die zouden ontstaan wanneer het oude peil gehandhaafd bleef, doch dit stijghoogteverloop is ook bekend uit de periode vóór de peilverhoging. Voordat de door WATBAL berekende waarden als invoer voor het model ANIMO worden gebruikt, dienen de resultaten nog eens nader onder de loep genomen te worden. Hierbij zullen onduidelijkheden omtrent de invoer van de drainage parameters opgelost moeten worden. Wellicht moet ook het eerste "drainageniveau", waarmee de kwel wordt gesimuleerd, variabel worden ingevoerd.

CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

- De peilverhoging in de Nieuwe Elperstroom na het plaatsen van de stuw bedroeg in 1981 in het groeiseizoen ca. 40 cm, in 1982 en 1983 ca. 25 à 50 cm en in 1984, 1985 en 1986 ca. 1.00 m.
- Het peil van het oppervlaktewater in de Reitma wordt sterk gereguleerd door het peil in de Nieuwe Elperstroom.
- De grondwaterstanden in de Reitma dalen in 1985 en 1986 in het groeiseizoen niet meer tot onder de wortelzone, in 1984 geschiedt dit alleen nog in de maanden augustus en september.
- Vooral voor de dichtbij de Nieuwe Elperstroom gelegen peilbuizen B5 en B6 treedt vanaf 1984 een sterke verbetering in de grondwaterstanden op.
- In 1984 worden dan ook de eerste tekenen van de terugkeer van de blauwgrasland- en schraallandvegetatie zichtbaar.
- Berekeningen met FLOWNET hebben bevestigd dat de kwelstroom van sterk gemineraliseerd grondwater vóór de peilverhoging werd afgebogen naar de Nieuwe Elperstroom en ná de peilverhoging weer ten goede kwam aan het reservaat.
De kwelintensiteit in de Nieuwe Elperstroom is in 1986 en 1987 3 à 4 keer zo klein als in 1981, terwijl met name in het westelijk deel van de Reitma de kwelintensiteit ongeveer verdubbeld is.
- De kwelintensiteiten in de Nieuwe Elperstroom kunnen m.b.v. FLOWNET niet exact bepaald worden, daar lokale roosterverdichting in het programma niet mogelijk is, waardoor de waterlopen moeilijk te modelleren zijn.
- De door middel van afvoermetingen bepaalde kwelintensiteit in de Reitma van 1,7 mm/dag ligt iets boven de door FLOWNET berekende waarde van 0,7 à 1 mm/dag.
- FLOWNET berekent een grotere kwelintensiteit in het oostelijk deel van de Reitma dan in het westelijk deel. Wellicht heeft de 10 à 15 m diepe geulopvulling die onder het oostelijk deel voorkomt een te grote invloed in de modellering. Controle kan geschieden door grondwaterstandwaarnemingen in het veld.
- Met het programma WATBAL is het stijghoogteverloop in de Reitma in de periode januari 1980 tot juli 1986 berekend. Om een goede "fit" met het gemeten stijghoogteverloop te verkrijgen moest het berekende stijghoogteverloop in de periodes met relatief lage peilen in de Nieuwe Elperstroom gecorrigeerd worden m.b.v. de radiale weerstand.

- Omtrent de juiste invoer van de gevraagde drainageparameters bestaat nog wat onduidelijkheid, met name betreffende de drainage-afstand, drainage-diepte en radiale weerstand.
- WATBAL berekent geen toename in kwelintensiteit in de Reitma, noch een afname in de flux naar de Nieuwe Elperstroom gedurende de rekenperiode. Ook is de berekende kwelintensiteit in de Reitma van 0,1 mm/dag erg laag. De berekende toename van de kwelintensiteit in de zomer is onwaarschijnlijk. Tevens blijven de vochtgehalten in de wortelzone over de hele periode ongeveer constant, terwijl een toename verwacht mag worden. Wellicht dient de kwel (het eerste "drainagesysteem") variabel ingevoerd te worden. Het is daarom moeilijk vast te stellen of de door WATBAL berekende waarden die de invoer voor het programma ANIMO zullen vormen wel een goede benadering van de werkelijke waarden zijn.

Het verdient aanbeveling om :

- met FLOWNET een zomersituatie door te rekenen, met name om de toename van de kwelintensiteit in de zomer zoals door WATBAL is berekend nader te bestuderen;
- WATBAL, nog eens aan een aantal testen te onderwerpen;
- de waterkwaliteitsbuizen die op 3 verschillende dieptes staan voortaan vóór bemonstering te peilen, zodat omtrent de mate van kwel meer kwantitatieve gegevens beschikbaar komen;
- de waterkwaliteitsclassificatie van Stuyfzand (1986) te gaan gebruiken, daar deze meer informatie over het watertype weergeeft dan de tot nu toe gebruikelijke classificatie (uitsluitend onderscheid in lithotroof, atmotroof en thalassotroof water).

LITERATUUR

- | | | |
|-------------------------------------|------|--|
| Berghuis-van Dijk, J.T., | 1985 | WATBAL: A simple water balance model for unsaturated/saturated soil profiel. ICW-nota nummer. |
| Beringen, R. en
Wiertz, J., | 1986 | Verkennde literatuurstudie naar de bewortelingsdiepte van de Nederlandse flora. (RIN) |
| Elburg, H. van en
Engelen, G.B., | 1986 | Two dimensional finite difference modelling of groundwaterflow systems on micro and personal computers, in: G.B. Engelen and G.P. Jones (Ed) - Developments in the analysis of groundwaterflow systems, IASH, Publ. 163, p. 127-140. |
| Engelen, G.B., | 1984 | Hydrological systems analysis. A regional case study. TNO/DGV publ.nr. 03-84-20. |
| Ernst, L.F., | 1982 | Brief aan Streefkerk, J.G. |
| Romeijn, K., | 1980 | Over de achteruitgang van het blauwgrasland 'De Reitma' bij Elp (Drenthe). RU-Groningen en RIN-Leersum. |
| SBB, | 1985 | Beheersplan voor de Elperstroom voor de periode 1985-1995. |
| StiBoKa, | 1978 | Bodemkaart van Nederland, blad 17, Oost-Emmen.
RGD, aanvullend onderzoek reser-
vaat Elperstroom. |
| Streefkerk, J.G., | 1978 | Toelichting op waterbeheersings-
plan voor de natuurgebieden
Reitma, Oosterma en Stroetma +
aanliggende landbouwgronden.
SBB-rapport. |
| Toth, J., | 1963 | Groundwater geology, movement,
chemistry and resources near
Olds, Alberta. Research council
of Alberta (Canada), bulle-
tin 17. |

- | | | |
|-------------------------|------|---|
| Wee, M.W., Ter, | 1979 | Toelichting bij de geologische kaart van Nederland, kaartblad Emmen Oost, Rijks Geologische Dienst. |
| Wee, M.W., Ter, | 1985 | Aanvullend onderzoek reservaat Elperstroom. SBB-rapport? |
| Wesseling, J., | 1929 | Subsurface flow into drains, in: Drainage principles and applications, part 2. Theories of field drainage and watershed run off, ILRI publ. no. 16. |
| Stuyfzand, P.J., | 1986 | Een nieuwe hydrochemische classificatie van watertypen, met Nederlandse voorbeelden van toepassing, KIWA-publicatie ...? |
| Nwaogazie, I.L., | 1986 | Groundwater recharge estimate by numerical modeling: a case study, AQUA, vol 2, pp. 77-80. |
| Wiest, R.J.M., de (ed), | 1969 | Flowthrough porous media, pp. 79-83. |

Nr. rooster- blokje		Kwelint. 14-1-1981 (mm/dag)	Kwelint. 14-1-1986 (mm/dag)	Kwelint. 28-1-1987 (mm/dag)	Nr. roosterblokje	Kwelint. 14-1-1981 (mm/dag)	Kwelint. 14-1-1986 (mm/dag)	Kwelint. 28-1-1987 (mm/dag)
	1	-0,01	5,8 E-5	0,06	29	0,5	0,5	0,1
	2	-0,03	0,01	0,01	30	0,3	0,4	0,1
	3	-0,03	0,06	0,03	31	0,2	0,3	0,1
	4	-0,03	0,1	0,06	32	0,3	0,4	0,02
	5	0,06	0,2	0,1	33	0,5	0,4	-0,01
	6	0,18	0,3	0,2	34	0,5	0,4	-0,1
	7	0,62	0,3	0,2	35	0,3	0,3	-0,1
	8	1,3	0,4	0,4	36	0,2	0,2	-0,1
	9	2,5	0,7	0,6	37	0,03	0,03	-0,1
	10 (Nw.Elperstr.)	2,76	0,8	0,7	38	0,02	0,01	-0,2
	11	1,4	0,7	0,6	39	-0,2	-0,1	-0,2
	12	0,2	0,6	0,5	40	-0,2	-0,2	-0,3
	13	0,2	0,5	0,4	41	-0,2	-0,2	-0,3
	14	0,4	0,5	0,4	42	-0,1	-0,3	-0,3
toe-	15	0,5	0,6	0,4	43	-0,2	-0,4	-0,2
name	16	0,5	0,6	0,4	44	-0,4	-0,5	-0,2
kwel-	17 (middenloop)	0,4	0,6	0,5	45	-0,5	-0,5	-0,2
int.	18	0,7	0,6	0,6	46	-0,5	-0,5	-0,2
	19	0,8	1,0	1,0	47	-0,5	-0,4	-0,2
	20	0,7	0,9	1,0	48	-0,4	-0,4	-0,2
	21	0,8	1,1	1,0	59	-0,4	-0,4	-0,1
	22	1,6	1,5	1,2	50	-0,5	-0,4	-0,1
	23(oostel.leiding)	2,2	1,7	1,4	51	-0,5	-0,4	-0,1
	24	1,7	0,9	0,8	52	-0,4	-0,4	-0,1
	25	0,5	0,7	0,8	53	-0,3	-0,3	-0,1
	26	0,4	0,6	0,7	54	-0,1	-0,1	-0,1
	27	0,5	0,5	0,4	55	-0,02	-0,1	-0,03
	28	0,6	0,5	0,2	56	-0,004	-0,01	-0,01

Tabel 1. Kwel- en infiltratie-intensiteiten in het regionale profiel.
De positieve getallen zijn de kwelintensiteiten, de negatieve
getallen geven de mate van infiltratie.

Nr. rooster- blokje	Kwelint. 14-1-1981 (mm/dag)	Kwelint. 14-1-1986 (mm/dag)	Kwelint. 28-1-1987 (mm/dag)	Nr. roosterblokje	Kwelint. 14-1-1981 (mm/dag)	Kwelint. 14-1-1986 (mm/dag)	Kwelint. 28-1-1987 (mm/dag)
1	-4 E-4	-0,1	-0,1	32	0,7	0,8	0,4
2	0,05	-0,3	-0,2	33	0,7	0,9	0,4
3	0,2	-0,3	-0,3	34	0,7	1,0	0,5
4	0,2	-0,2	-0,3	35 midden	0,6	0,9	0,6
5	0,2	-0,2	-0,3	36	0,8	1,1	0,7
6	0,3	0,03	-0,3	37	0,9	1,3	1,1
7	0,4	0,05	-0,3	38	1,0	1,4	1,0
8	0,5	0,1	-0,3	39	1,0	1,2	0,9
9	0,5	0,1	-0,2	40	0,8	1,1	0,9
10	0,6	0,1	-0,2	41	0,7	1,1	0,3
11	0,7	0,1	-0,1	42	0,8	1,1	0,9
12	0,7	0,1	-0,2	43	0,8	1,1	0,9
13	0,9	0,1	-0,2	44	0,8	1,1	0,8
14	0,9	0,1	-0,2	45	0,8	1,2	0,7
15	1,1	0,1	0,2	46	0,9	1,3	0,7
16	1,4	0,1	0,7	47	1,1	1,4	0,8
17	1,9	0,3	1,0	48	1,3	1,5	1,1
18	3,3	1,1	1,5	49	2,1	1,8	1,4
19 Nw.Elperstr.	3,9	1,6	1,8	50	3,6	2,3	1,8
20	3,0	1,2	1,9	51 oostel.leid.	4,3	2,2	2,2
21	2,0	0,7	1,2	52	3,3	1,6	2,0
22	1,4	0,7	0,5	53	2,2	1,2	1,4
23	0,7	0,5	0,4	54	1,1	0,8	1,1
24	0,1	0,5	0,3	55	0,7	0,7	0,9
25	-0,02	0,6	0,3	56	0,6	0,7	0,9
waar- 26	-0,1	0,6	0,2	57	0,5	0,6	0,9
om in 27	0,1	0,6	0,2	58	0,4	0,5	0,8
1987 28	0,2	0,6	0,3	59	0,3	0,5	0,6
zo 29	0,4	0,6	0,3	60	0,2	0,6	0,3
laag 30	0,5	0,6	0,3	61	0,1	0,3	0,3
31	0,6	0,7	0,4				

Tabel 2. Kwel- en infiltratiewaarden van het lokale profiel.

Positieve getallen geven de kwelwaarden, negatieve getallen de mate van infiltratie.

Waterhuishouding en standplaats

Rooster- blokje nr.	Kwelint. (mm/dag)	Nr.	Kwelint. mm/dag
1	-0,1	32	0,8
2	-0,2	33	0,9
3	-0,2	34	1,0
4	-0,2	35 middenloop	1,0
5	-0,2	36	0,9
6	-0,1	37	0,8
7	-0,02	38	0,8
8	-0,01	39	1,1
9	0,02	40	0,7
10	0,01	41	0,6
11	0,01	42	0,9
12	0,01	43	0,8
13	0,02	44	0,8
14	0,01	45	0,9
15	-0,1	46	1,1
16	-0,1	47	1,0
17	0,3	48	0,9
18	1,0	49	0,9
19 Nw.Elperstroom	1,4	50	1,2
20	1,1	51 oostel.leiding	1,5
21	0,7	52	1,4
22	0,6	53	0,9
23	0,5	54	0,7
24	0,6	55	0,6
25	0,6	56	0,6
26	0,7	57	0,5
27	0,6	58	0,4
28	0,6	59	0,3
29	0,5	60	0,3
30	0,6	61	0,1
31	0,6		

Tabel 3. Kwelintensiteit in de Reitma wanneer de horizontale doorlatendheid van alle formaties (behalve veen, keileem en beekleem) 5 m/dag bedraagt, op 14-1-1986.

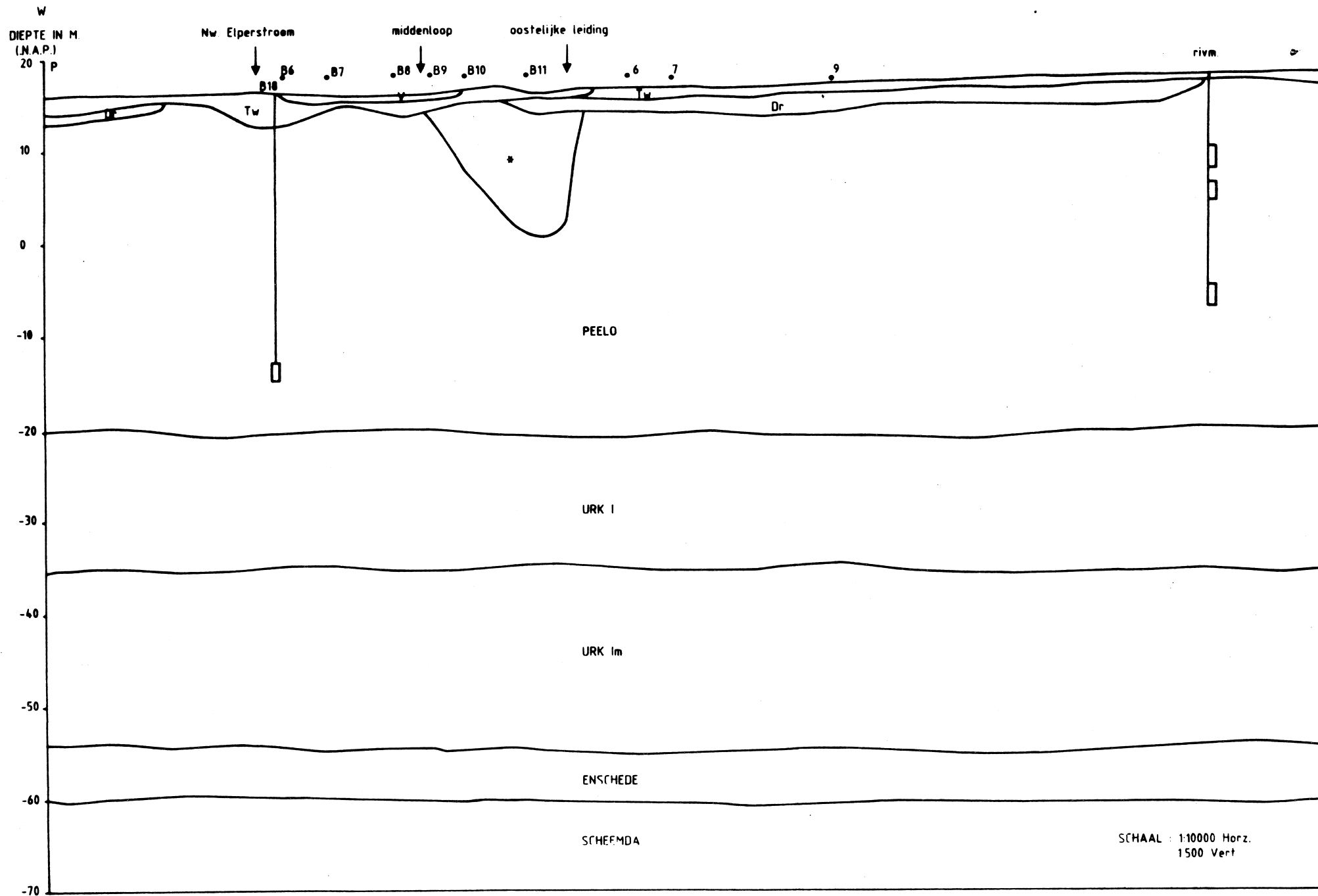


FIG. 1 GEOLOGISCH PROFIEL P-P'. Tw=FORMATIE VAN TWENTE, Dr=FORMATIE VAN DRENTH (HIER KEILEEM), V=VEEN, B18=PEILBUIS, 6=PEILBUIS, *=GEULOPVULLING

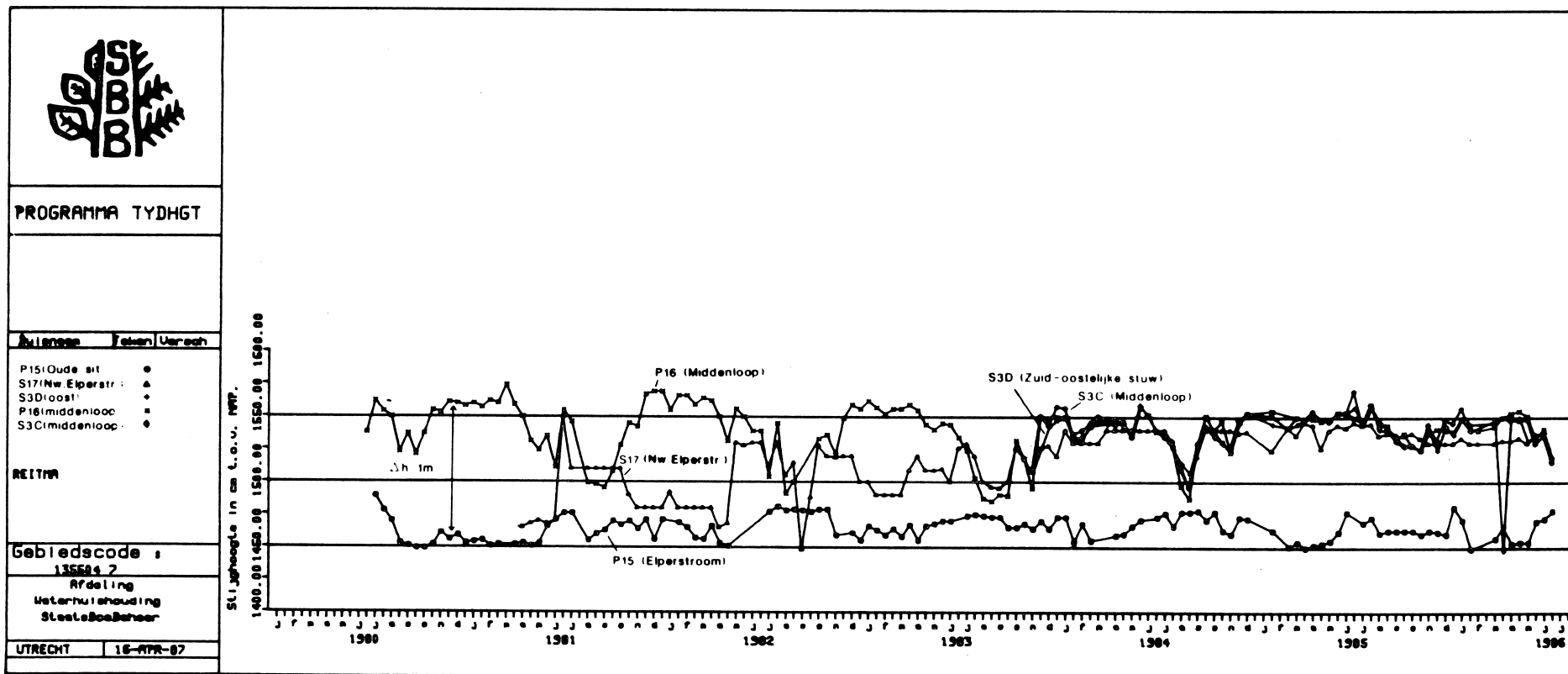


Fig. 2. Tijd-stijghoogtelijnen van het oppervlaktewater in de Reitma voor de Nw. Elperstroom nieuwe situatie (S17), de Nw. Elperstroom ongestuwd (P15), de Middenloop (P16 en S3C) en nabij de zuid-oostelijke stuw (S3D).

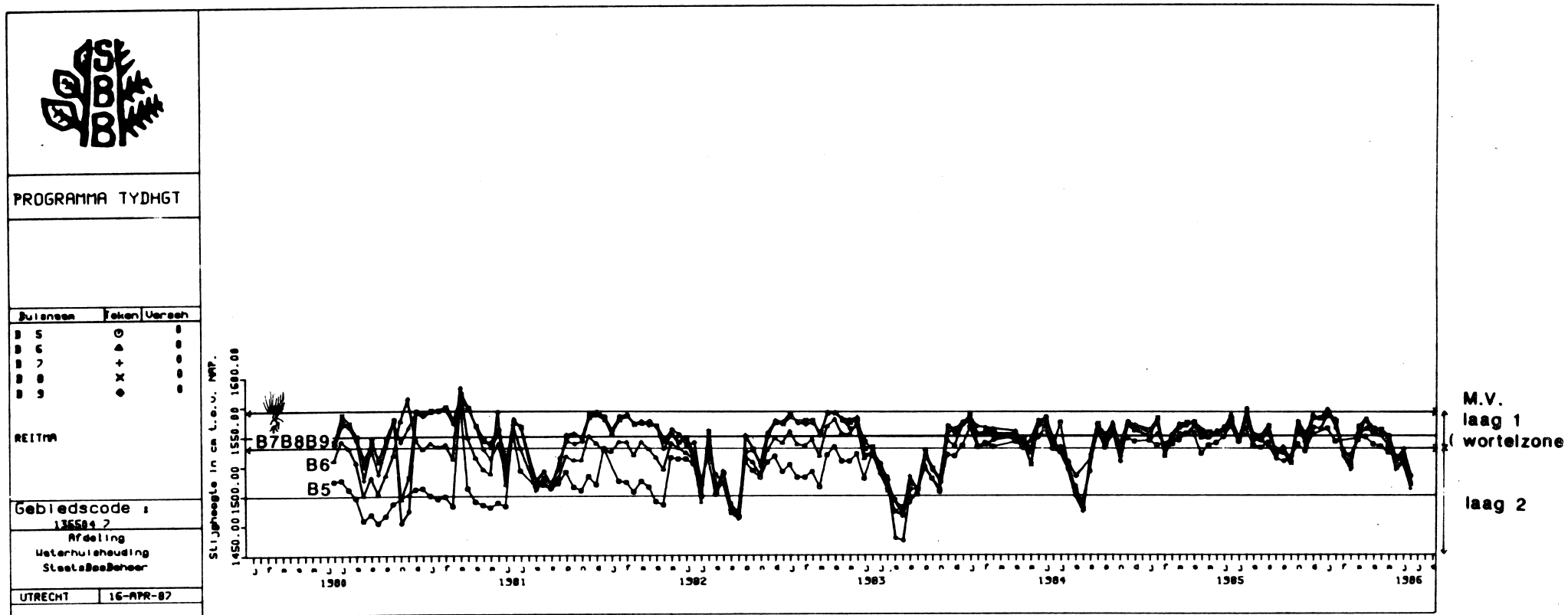
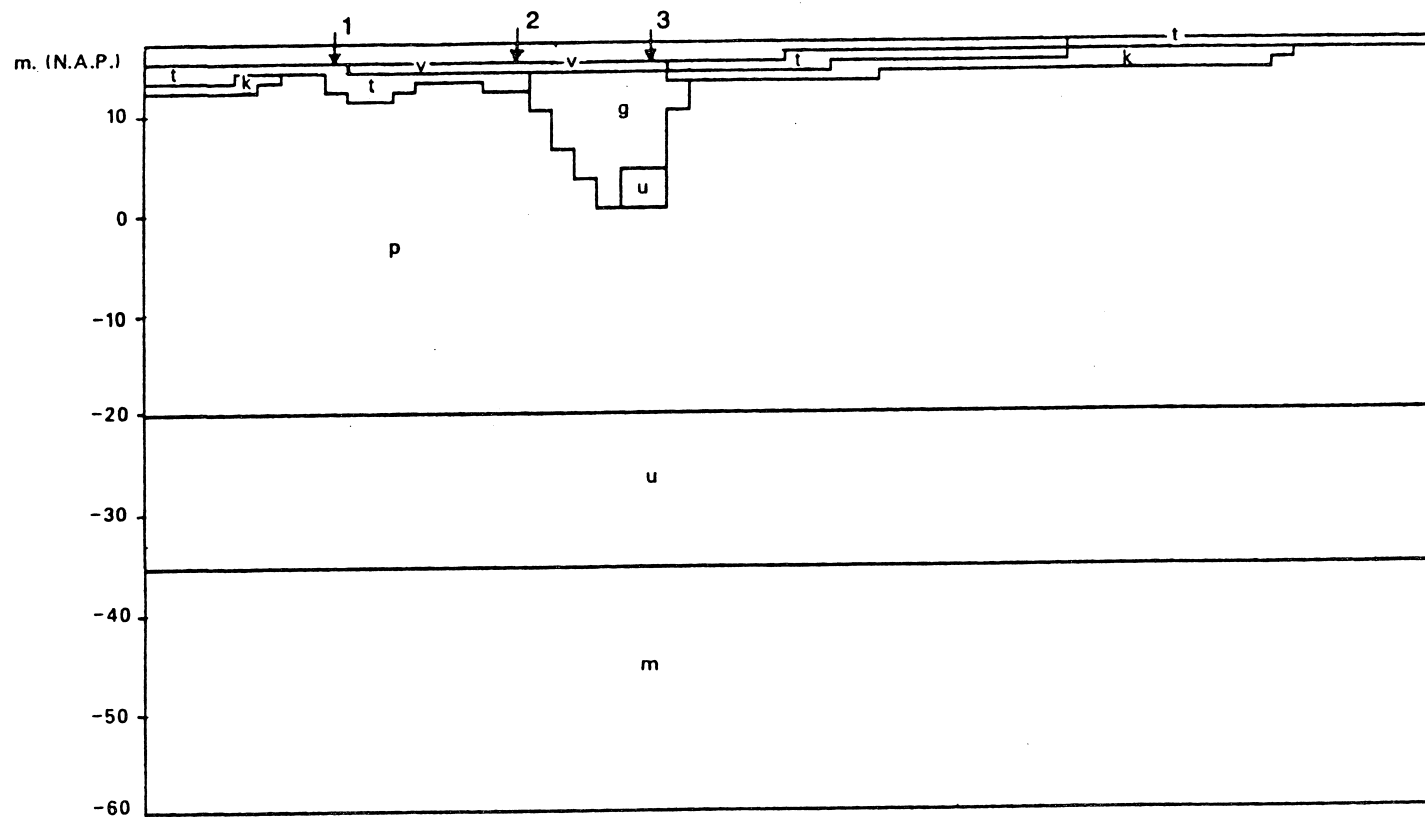


Fig. 3. Tijd-stijghoogtelijnen van het grondwater in de Reitma in de peilbuizen B5, B6, B7, B8 en B9.



lengte profiel: 2750 m

	conductivity (m/day)		
	symbol	horizontal	= vertical
1. Nw. Elperstroom	l (lucht)	0.001000	1000.000000
2. Middenloop	t (twente)	5.000000	0.050000
3. Oostelijke leiding	p (peelo)	5.000000	0.050000
	k (keileem)	0.007000	0.007000
	v (veen)	5.000000	0.050000
	g ("grof")	10.000000	0.100000
	u (urk)	30.000000	0.300000
	m (urk, mengz.)	60.000000	0.600000

fig. 4. Hydrogeologische schematisatie van het regionale profiel P-P'.

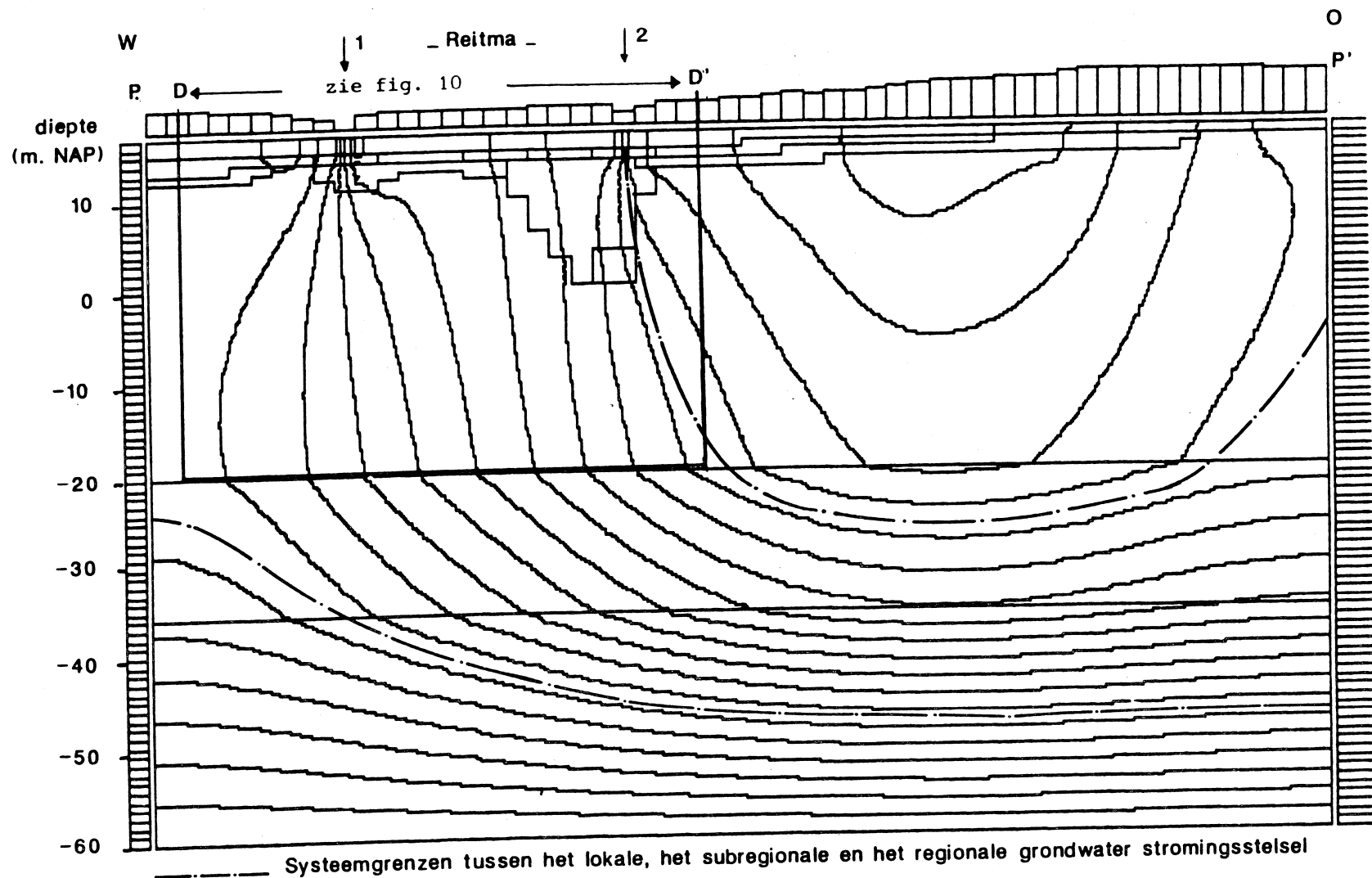


Fig. 5. Door FLOWNET berekende stroomlijnen voor het stijghoogteverloop op 14-1-1981.
1. Nw. Elperstroom. 2. Oostelijke leiding.

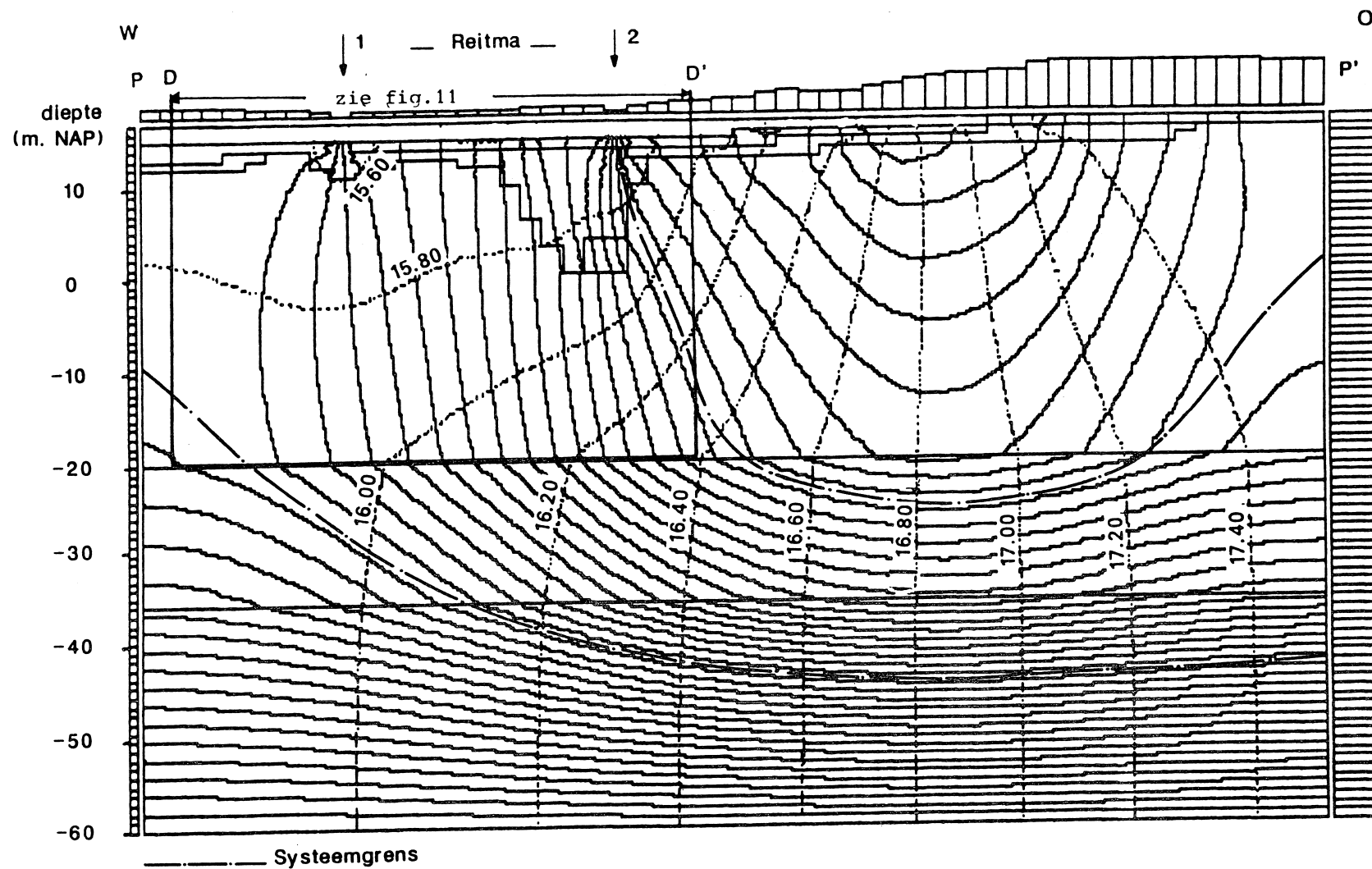


Fig. 6. Door FLOWNET berekend stroomlijnen- en equipotentiaallijnenpatroon op 14-1-1986.
1. Nw. Elperstroom. 2. Oostelijke leiding.

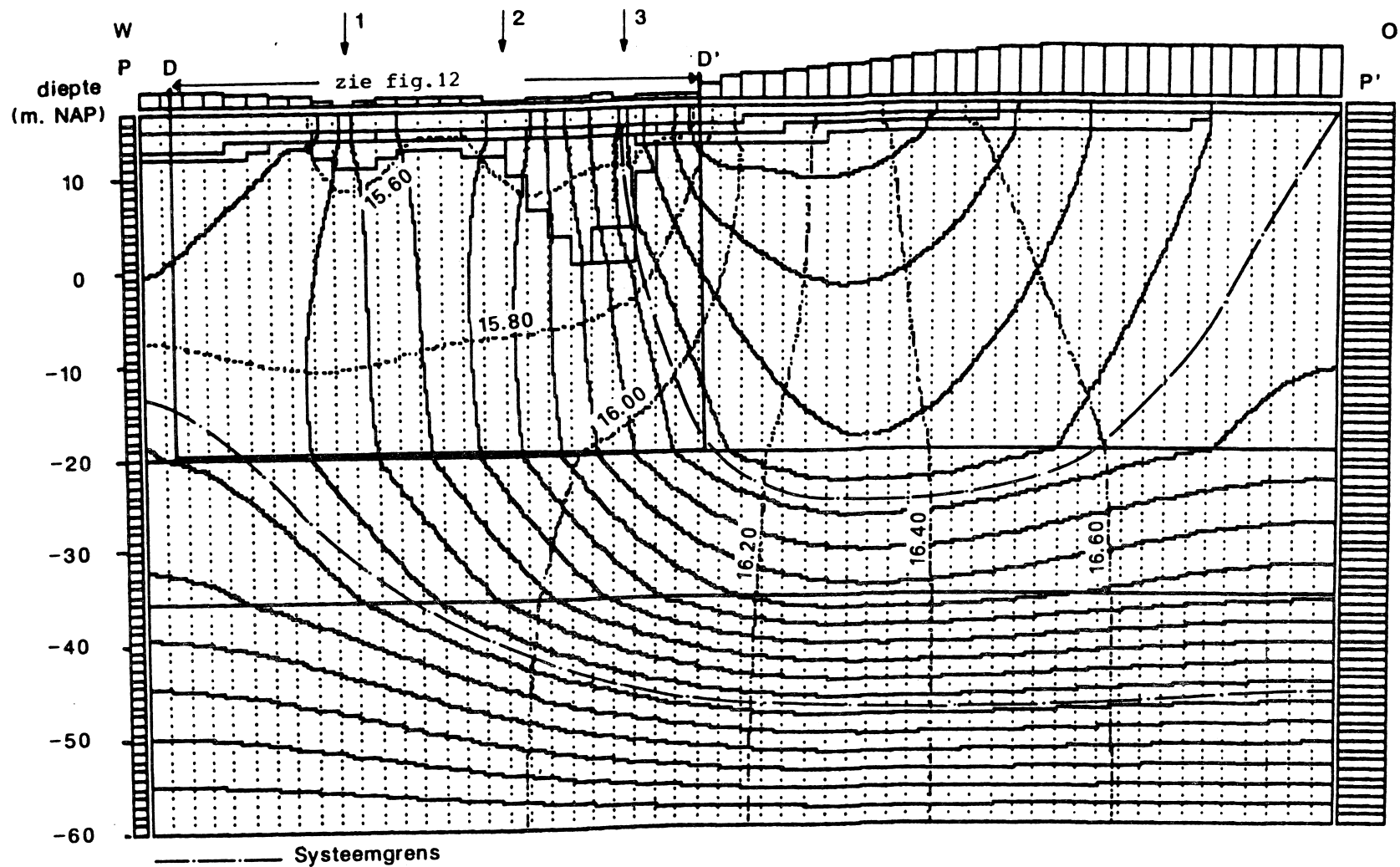


Fig. 7. Door FLOWNET berekend stroomlijnen- en equipotentiaallijnenpatroon voor het stijghoogteverloop op 28-1-1987.
 1. Nw. Elperstroom. 2. Oostelijke leiding. 3. Middenloop.

STIJGHOOGTE IN
M + N.A.P.

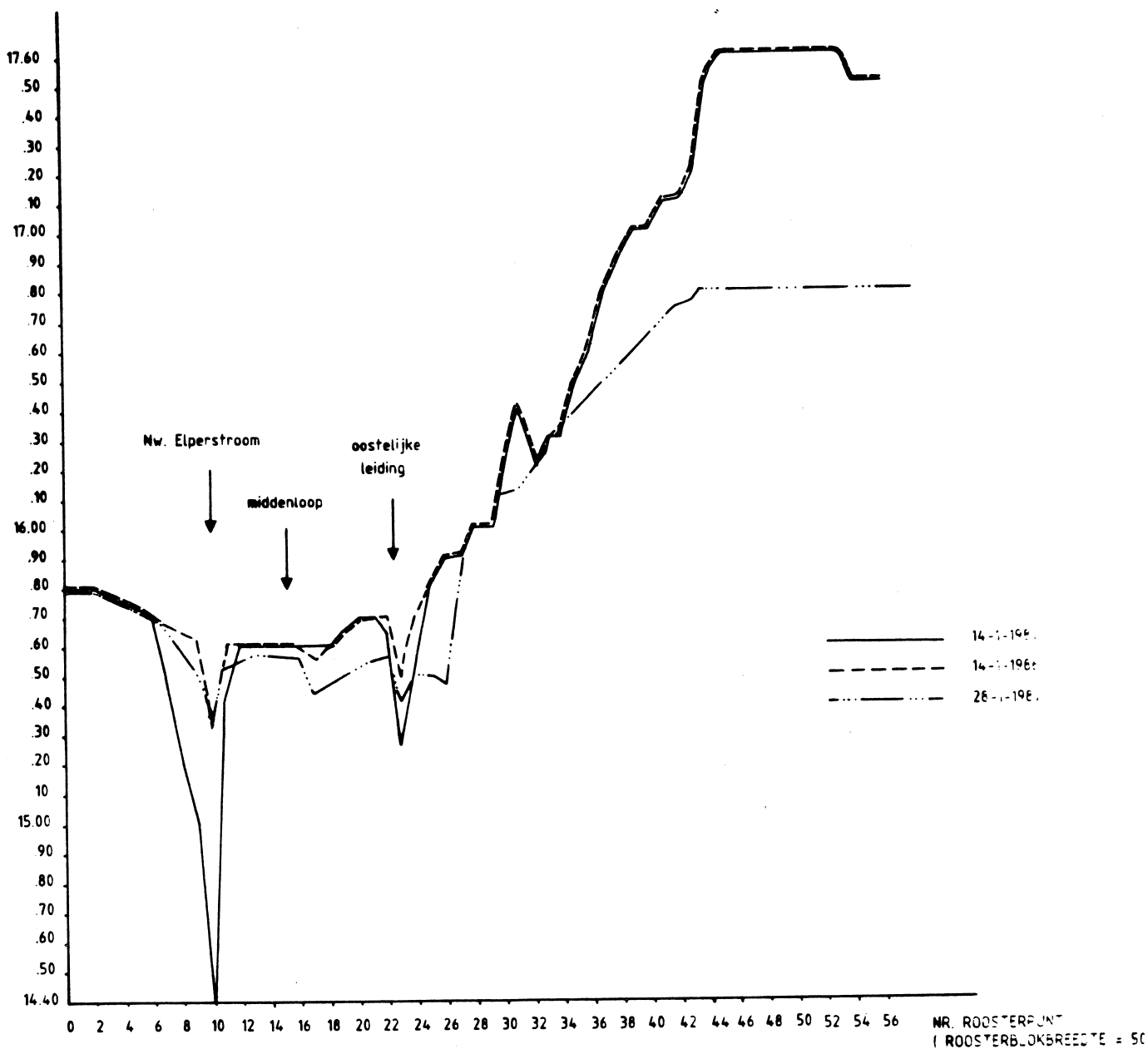
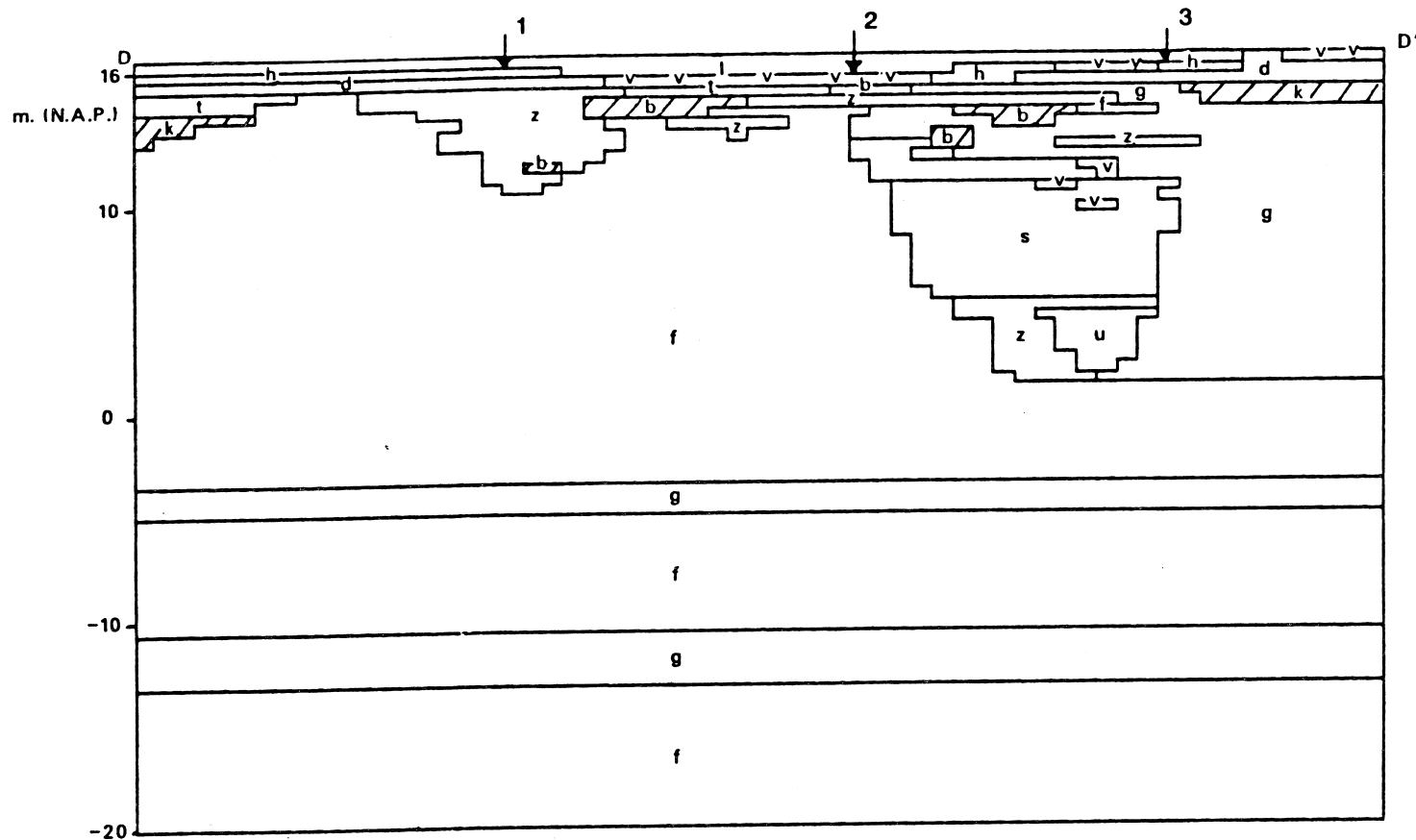


FIG. 8 STIJGHOOGTE VERLOOP IN HET REGIONALE PROFIEL OP 14-1-1981, 14-1-1986 EN 28-1-1987



lengte profiel: 1200 m

fig. 9. Hydrogeologische schematisatie van het lokale profiel D-D'.

1. Nw. Elperstroom
2. Middenloop
3. Oostelijke leiding

symbol	conductivity (m/day)	
	horizontal	vertical
h (holocene)	5.000000	0.500000
d (dekzand)	3.000000	0.300000
v (veen)	1.000000	0.500000
l (lucht)	0.001000	1000.000000
k (keileem)	0.007000	0.007000
g (peelo "grof")	10.000000	0.100000
b (beekleem)	0.025000	0.025000
t (twente)	5.000000	0.500000
f (peelo "fijn")	5.000000	0.050000
z (zeer grof)	7.000000	0.070000
s (super grof)	15.000000	0.150000
u (uiterst grof)	45.000000	0.450000

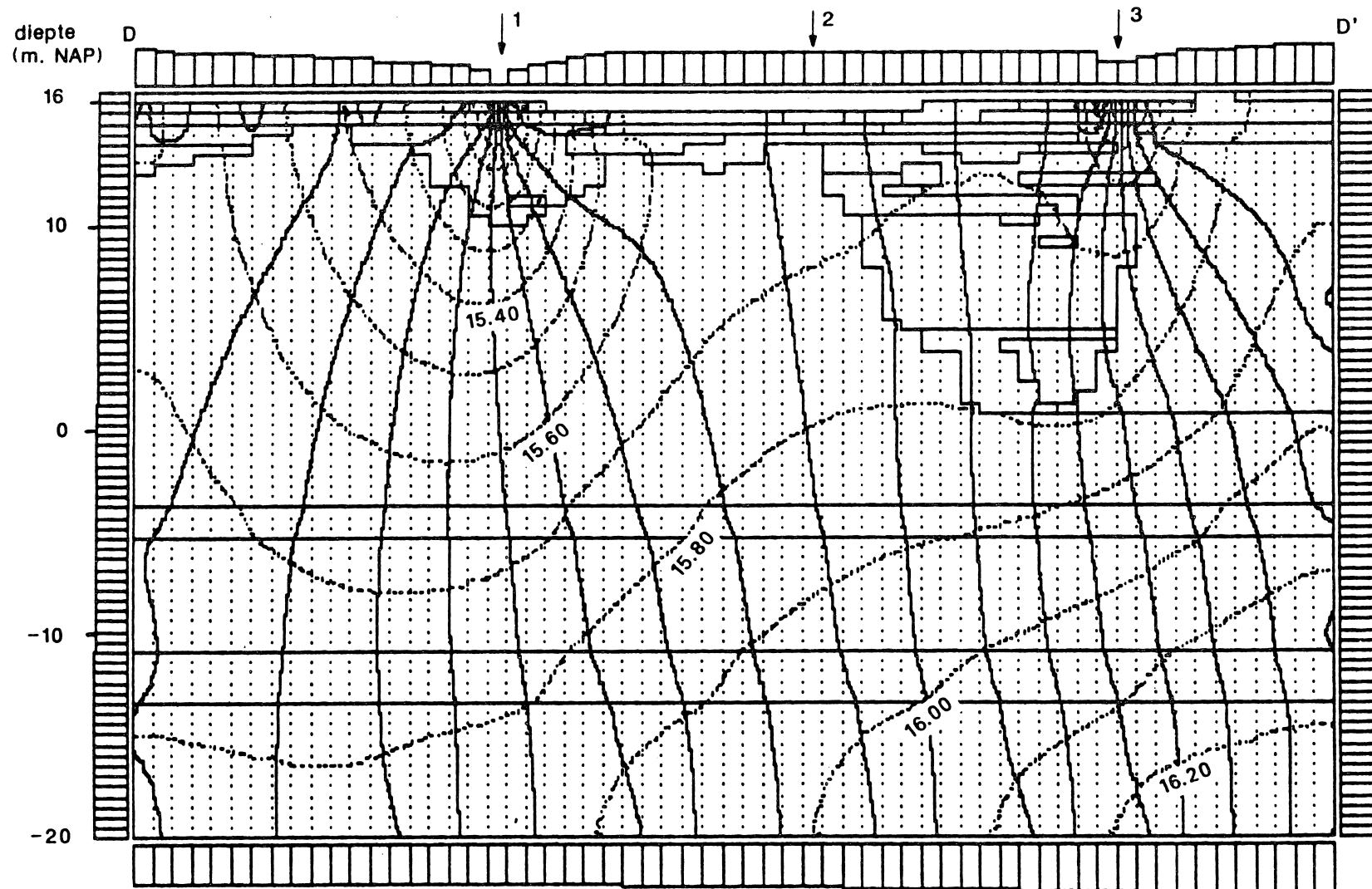


Fig. 10. Door FLOWNET berekend stroomlijnen-en equipotentiaallijnenpatroon in het lokale profiel op 14-1-1981.
 1 Nw. Elperstroom. 2. Middenloop. 3. Oostelijke leiding.

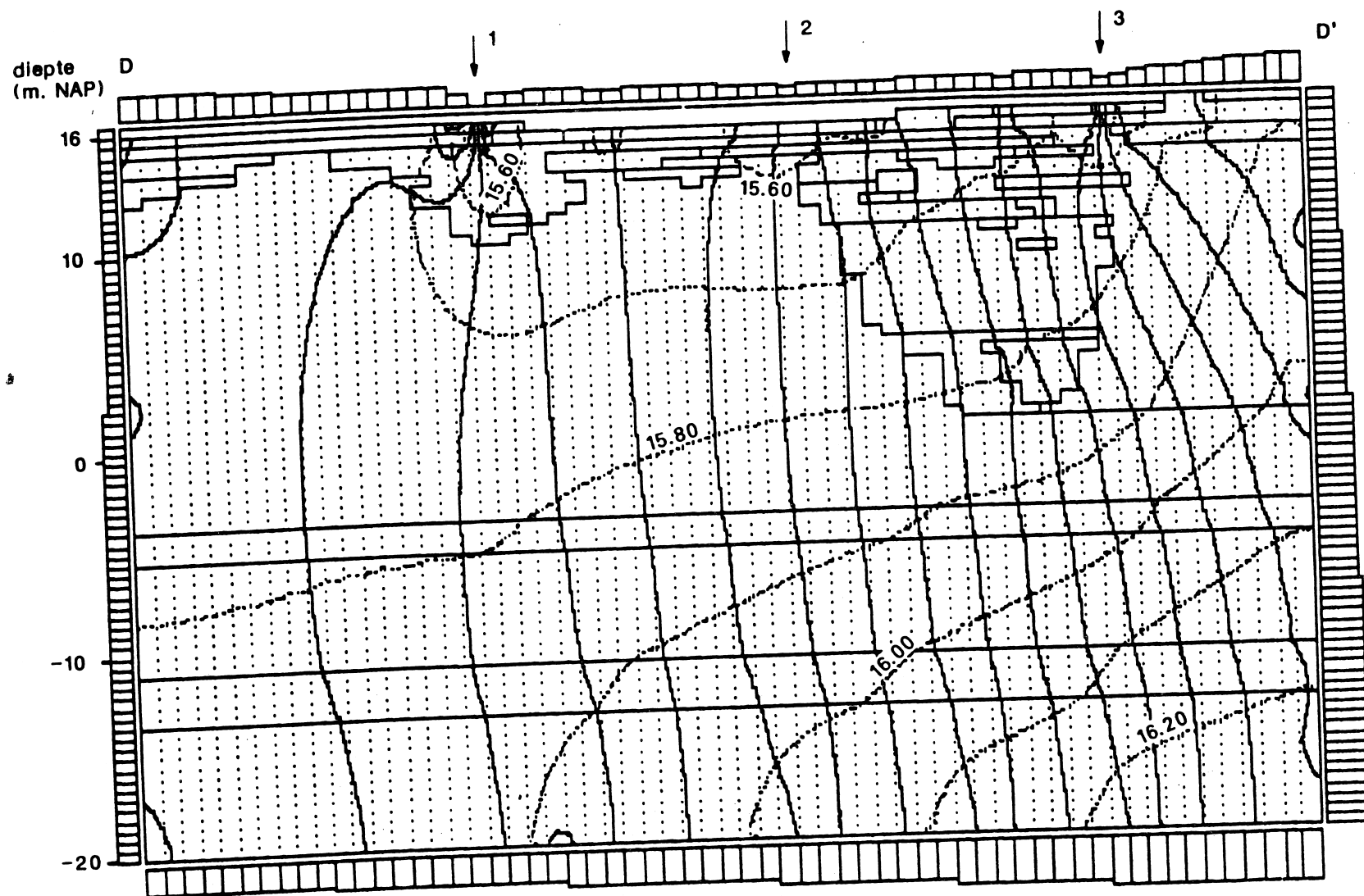


Fig. 11. Door FLOWNET berekend stroomlijnen en equipotentiaallijnenpatroon in het lokale profiel op 14-1-1986.
 1. Nw. Elperstroom. 2. Middenloop. 3. Oostelijke leiding.

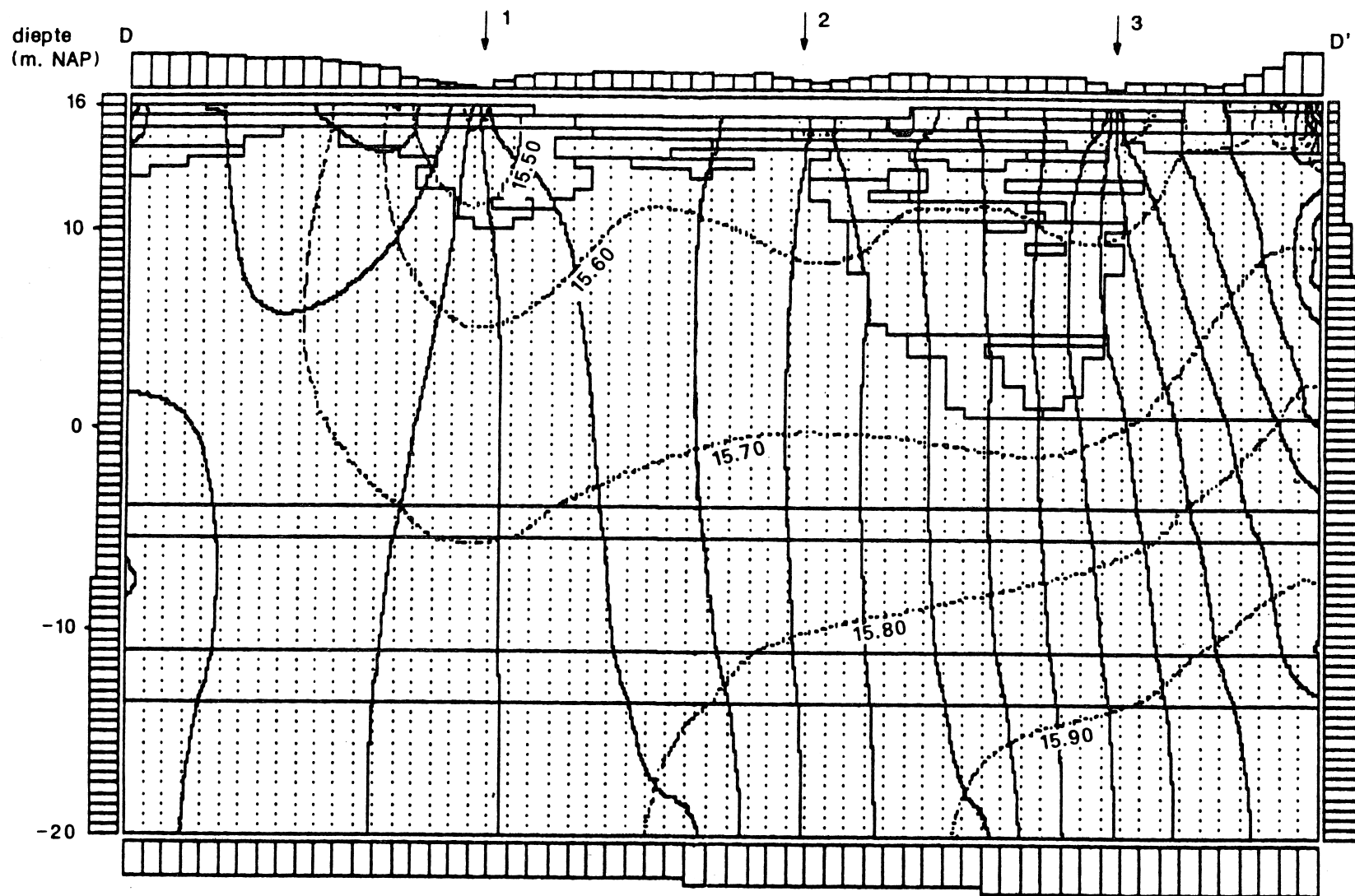
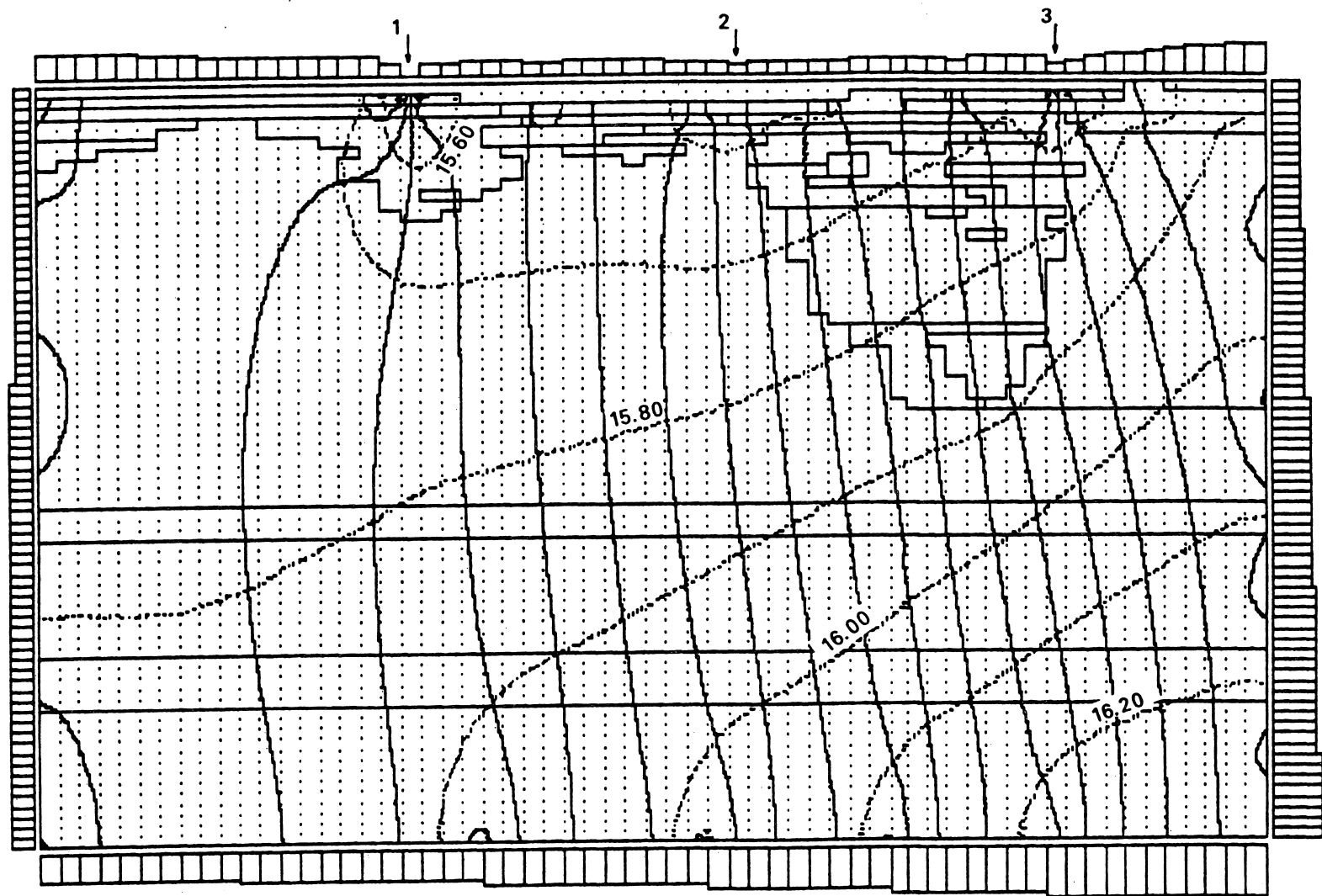


Fig. 12. Door FLOWNET berekend stroomlijnen en equipotentiaallijnenpatroon in het lokale profiel op 28-1-1987.
 1. Nw. Elperstroom. 2. Middenloop. 3. Oostelijke leiding.



figuur 13: Stroomlijnen en equipotentiaallijnenpatroon in het lokale profiel op 14-1-1986,

waarbij alle doorlatende formaties een horizontale doorlatendheid van 5 m/dag is toegekend

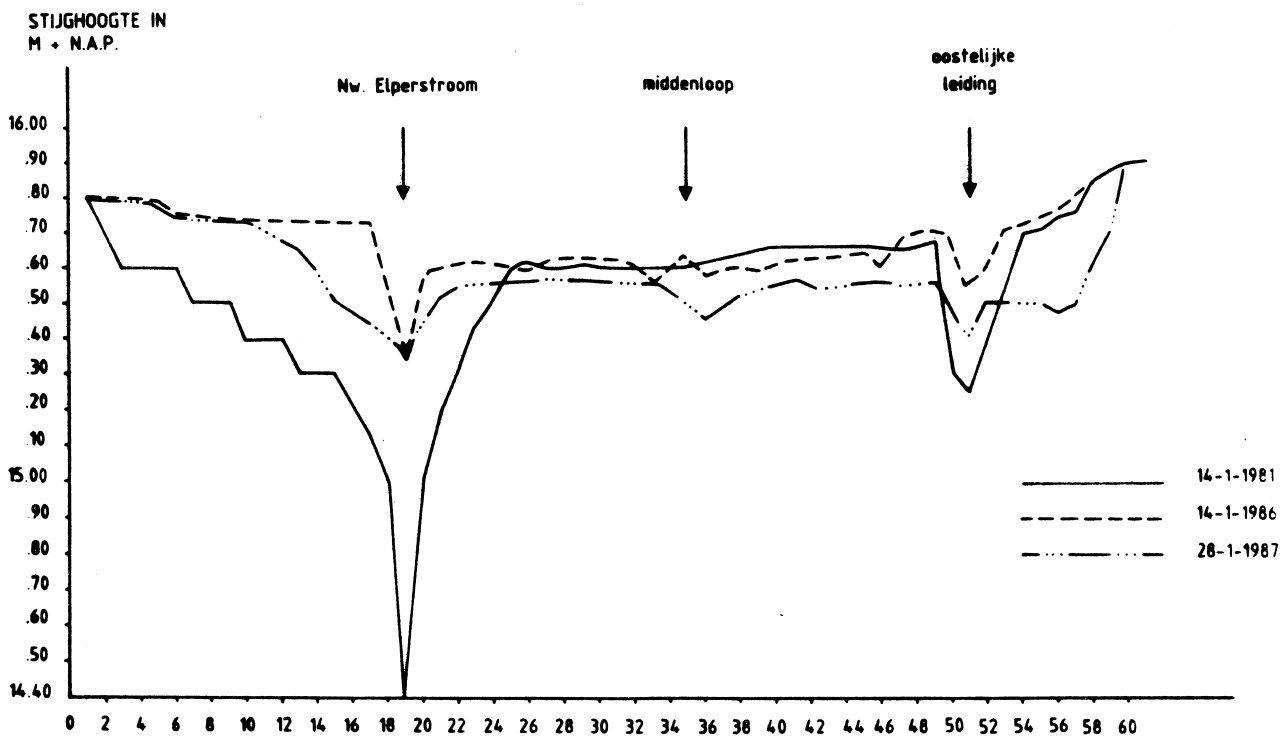


FIG. 14 STIJGHOOGTE VERLOOP IN HET LOKALE PROFIEL OP 14-1-1981, 14-1-1986 EN 28-1-1987

NR. ROOSTERPUNT
(ROOSTERBLOKBREEDTE 20 M)

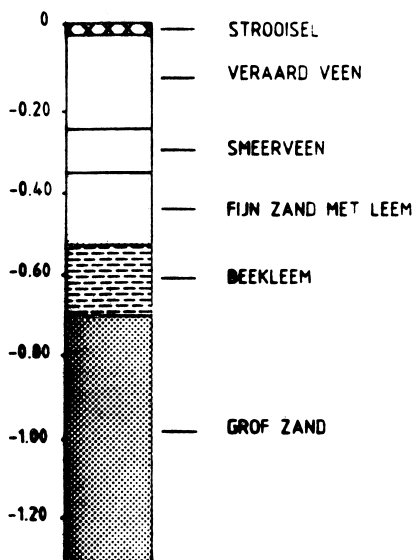


FIG. 15 BODEMPROFIEL NABIJ B7 (UIT ROMEIN, 1980)

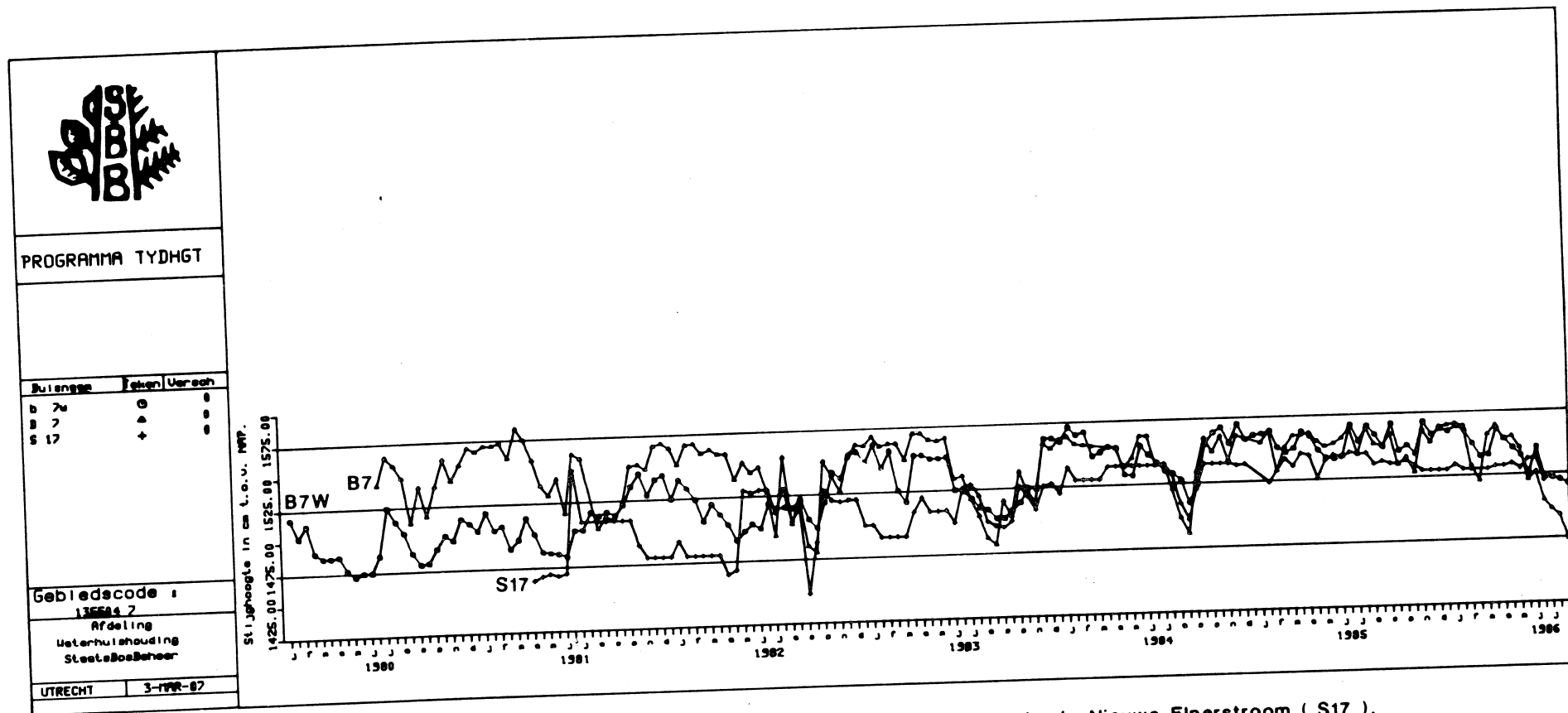


Fig. 16 Tijd-stijghoogteverloop berekend door WATBAL (B7W), gemeten in peilbuis B7 en in de Nieuwe Elperstroom (S17).

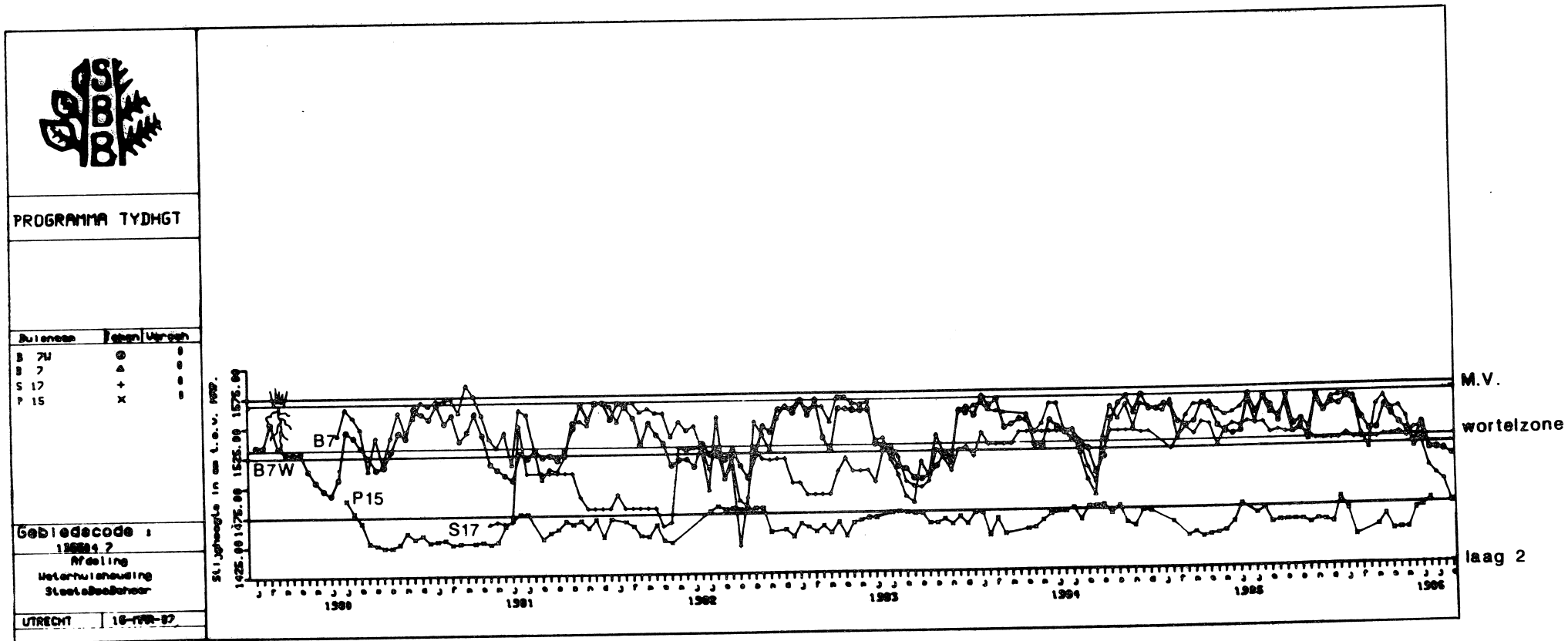


Fig. 17 Tijd-stijghoogteverloop berekend door WATBAL (B7W), gemeten in peilbuis B7, in de Nieuwe Elperstroom bovenstrooms van de stuw (S17) en benedenstrooms van de stuw (P15).

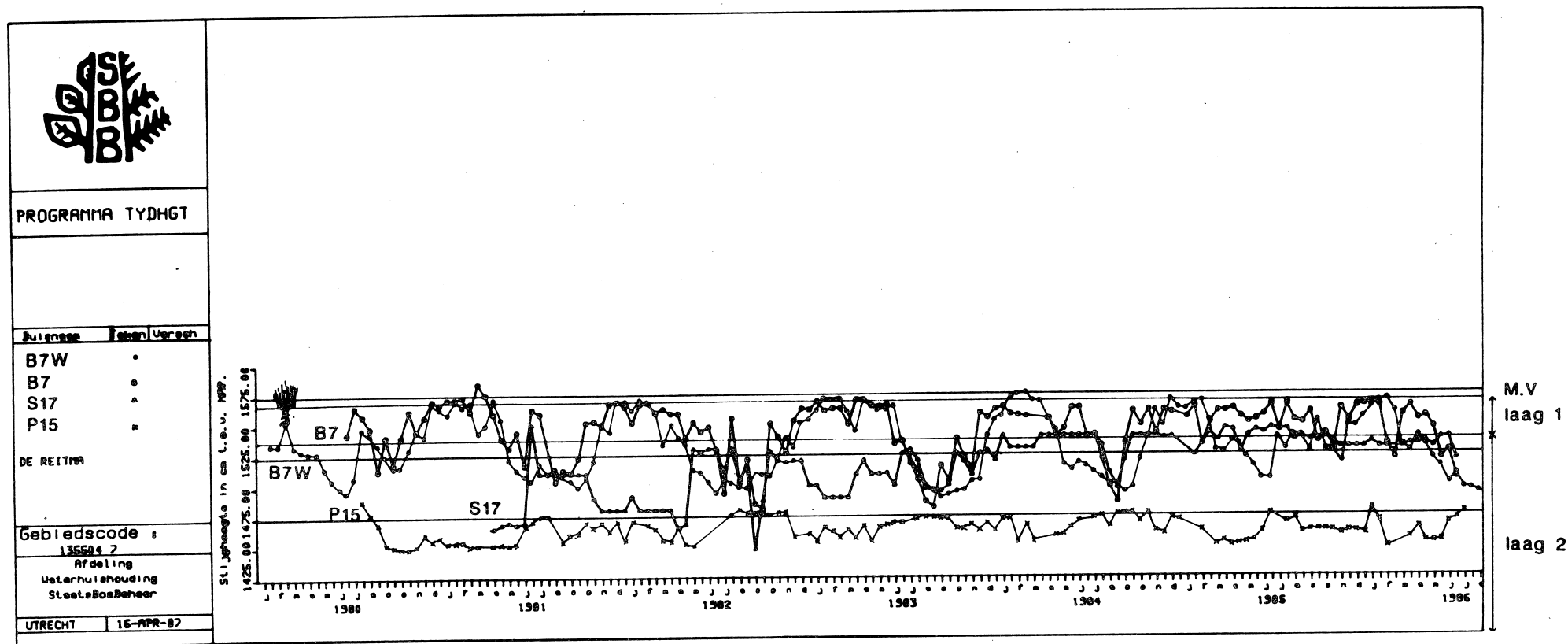


Fig. 18 Simulatie van het tijd-stijghoogteverloop wanneer de stuw niet zou zijn geplaatst (B7W). Verder zijn weergegeven het gemeten stijghoogteverloop (B7), het gestuwde peil van de Nieuwe Elperstroom (S17) en het ongestuwde peil (P15)

Legenda :

MOT-VAAR

- Meetpunt voor waterstanden
- S Peilschaal
- B Peilbuis
- P Peilpiket
- P14 Nummer van peilpiket
- m Buis voor waterkwaliteitsbemonstering

- D D Stroomingsprofiel P-P' en D-D' geologisch profiel P-P'
- == Reservaatsgrens
- Waterloop met stroomrichting

