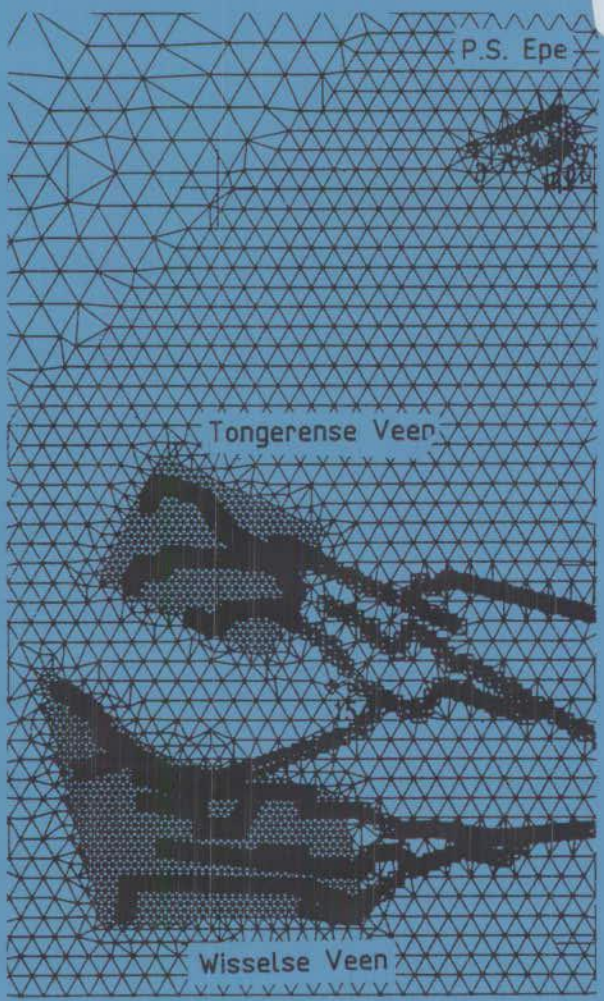
331.8520

Provincie Gelderland

PROEFPROJECT VERDROGING EPE

WV205



Eindrapport deel 1:

Opzet en ijking
grondwaterstromingsmodel

IWACO

Adviesbureau voor water en milieu

Postbus 525
5201 AM 's-Hertogenbosch

's-Hertogenbosch

29 april 1992

COLOFON:

IWACO B.V.
Regionale Vestiging Zuid
Postbus 525, 5201 AM 's-Hertogenbosch
Stationsplein 21-22, 5211 AP 's-Hertogenbosch
Telefoon (073-874111)
Telefax (073-120776)

Projectnummer:	331.8520
Projecttitel:	PROEFPROJECT VERDROGING EPE
Rapporttitel:	Eindrapport deel 1: Opzet en ijking grondwaterstromingsmodel
Opdrachtgever:	Provincie Gelderland

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie, microfilm, elektronisch of op geluidsband of op welke andere wijze ook en evenmin in een retrieval systeem worden opgeslagen zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de opdrachtgever.

Provincie Gelderland
Dienst Milieu en Water
T.a.v. ing. H.F.J. Kempen

Postbus 9090
6800 GX ARNHEM

provincie
GELDERLAND

Bezoekadres
Rijnstate
Markt 9
Arnhem

Postadres
Postbus 9090
6800 GX Arnhem

telefoon (085) 59 91 11
telex 45 569 pbgld
telefax 085 - 59 94 80

Aan de leden van de projectgroep
Grondwateraanvulling ps. Epe

datum
29 april 1992

nummer

onderwerp
eindrapport fase 1 Epe

Bijgaand zend ik u naar aanleiding van de vergadering van de projectgroep Grondwateraanvulling pompstation Epe d.d. 1 april 1992, het door IWACO aangepaste eindrapport van fase 1: "Deelrapport 1: Opzet en ijking grondwaterstromingsmodel" en "Deelrapport 2: Haalbaarheidsstudie maatregelen".

Beide rapporten zullen in de eerstvolgende vergadering van de Begeleidingscommissie Integraal Waterbeheer Oost Veluwe (IWOV) worden behandeld.

Het in de vorige vergadering door de heer Roozen ingediende plan tot verbetering van eigendoms terreinen in het Wisselse Veen is volgens afspraak ingediend voor REGIWA subsidie 1993.
Tevens is een projectvoorstel ingediend waarin een eerste invulling is gegeven van fase 3 van het project Grondwateraanvulling pompstation Epe, ingediend voor REGIWA subsidie 1993. Dit projectvoorstel treft u aan als bijlage bij deze brief.

Het verslag van de vierde vergadering van de projectgroep Grondwateraanvulling pompstation Epe d.d. 1 april 1992 zal u zodra gereed worden nagezonden.

Met vriendelijke groeten,

H.F.J. Kempen

Inlichtingen bij

doorkiesnr.

verzonden

PROV. BESTUUR VAN GELDERLAND
Reg.nr.: MW+
KOPIE GEZ. AAN:
Ingek. 26 MAART 1992
Class.nr.
TE BEH. DOOR
KOPIE AAN

Zuiveringsschap Veluwe
T.a.v. ir. J. van Kempen
Postbus 9030
7300 EN APELDOORN

IWACO

Adviesbureau voor water en milieu

IWACO B.V.
Postbus 525, 5201 AM 's-Hertogenbosch
Stationsplein 21-22, 5211 AP 's-Hertogenbosch
Telefoon (073) 87 41 11
Telefax (073) 12 07 76

Hoofdkantoor:
Hoofdweg 490, Rotterdam
Telefoon (010) 40 76 543
Telefax (010) 22 01 005
Telex 24069 NL

Uw kenmerk	Bijlage(n)	Datum
		25 maart 1992

Ons kenmerk
MG/MG/92.187/331.8520

Onderwerp
concept-eindrapportage proefproject verdroging Epe; fase 1

Geachte heer Van Kempen,

Hierbij zenden wij u de concept-eindrapportage van fase 1.
Het rapport bestaat uit twee delen:

1. Opzet en ijking grondwaterstromingsmodel;
2. Haalbaarheidsstudie maatregelen.

Wij hopen dat het rapport voldoet aan uw verwachtingen en wij hopen de inhoud ervan met u te bespreken op 1 april aanstaande om 09.30 uur bij de provincie Gelderland.

Hoogachtend,

IWACO B.V. CL

Ir. H.E. Klein Entink
Hoofd Regionale Vestiging Zuid

Handelsregisternummer 113916
Kamer van Koophandel Rotterdam
Lid ONRI

INHOUDSOPGAVE

1. INLEIDING 1

2. OPBOUW GRONDWATERSTROMINGSMODEL EPE 2
   2.1 ALGEMEEN 2
   2.2 RELATIE MET HET REGIONALE GMN-MODEL 2
   2.3 GRENZEN EN RANDVOORWAARDEN 2
   2.4 NETWERK 3
   2.5 IJKINGS- EN REKENPERIODE 3

3. INVOERGEGEVENS 4
   3.1 DATAVERWERKING 4
   3.2 GEOHYDROLOGISCHE SCHEMATISATIE 4
   3.2.1 Watervoerende en weerstandsbiedende lagen 4
   3.2.2 Stuwing 6
   3.3 ONTTREKKINGEN 7
   3.4 OPPERVLAKTEWATER 8
   3.4.1 Hoofdwatergangen (afzonderlijk in model) 8
   3.4.2 Kleinere watergangen (verwerkt in topsysteem) 9
   3.5 NEERSLAG 10
   3.5.1 Algemeen 10
   3.5.2 Grondwateraanvulling 10

4. STATIONAIRE IJKING VAN HET MODEL 13
   4.1 ALGEMEEN 13
   4.2 IJKINGSCRITERIUM 13
   4.3 GLOBALE IJKING 14
   4.4 DETAIL-IJKING 14
   4.4.1 Onzekerheden basisgegevens 14
   4.4.2 IJkingsparameters 17
   4.5 IJKINGSRESULTAAT 18
   4.6 EVALUATIE 20

5. GEVOELIGHEIDSANALYSE 21
   5.1 ALGEMEEN 21
   5.2 STIJGHOOGTEN EERSTE WATERVOEREND PAKKET 21
   5.3 AFVOER VAN HET OPPERVLAKTEWATER 26
   5.4 EVALUATIE 27

6. NIET-STATIONAIRE VERIFICATIE 28
   6.1 INVOERGEGEVENS 28
   6.2 NEERSLAGOVERSCHOT 28
   6.3 RESULTATEN NIET-STATIONAIRE VERIFICATIE 30
   6.4 EVALUATIE 30

TABELLEN

3.1 Onttrekkingen 1985
3.2 Invoergegevens hoofdwatergangen
4.1 IJkingscriteria
4.2 Schatting gemiddelde grondwaterstand uit grondwatertrap
4.3 Afvoer Klaarbeek versus afvoer Grift (1978-1979)
5.1 Gevoeligheid berekende afvoer uit veengebieden
6.1 Niet-stationaire invoerwaarden
6.2 Bergingscoëfficiënten freatisch pakket (s)
6.3 Stamgegevens peilbuizen stationaire verificatie

FIGUREN (in tekst)

1. Geohydrologische schematisatie
2. Neerslag juli 1983 t/m december 1985 (station Epe)
3. Vertraging tussen neerslag en grondwateraanvulling afgezet tegen dikte onverzadigde zone
4. Jaarlijks neerslagoverschot: afwijking van het gemiddelde over periode 1960-1990
5. Grondwateronttrekking PS Epe (1958-1990)
6. Afvoer Klaarbeek versus neerslag (voortschrijdende gemiddelden over 12 maanden)
7. Verhouding tussen k-waarden in x- en y-richting
8. Raai I-I'; variatie c3-waarde
9. Raai II-II'; variatie c3-waarde
10. Raai I-I'; variatie k_x-waarde
11. Raai II-II'; variatie k_x-waarde
12. Raai I-I'; variatie k_y-waarde
13. Raai II-II'; variatie k_y-waarde
14. Raai I-I'; variatie neerslagoverschot
15. Raai II-II'; variatie neerslagoverschot
16. Raai I-I'; variatie w_{int} beken veengebied
17. Raai II-II'; variatie w_{int} beken veengebied
18. Tijd-stijghoogtelijnen (niet-stationaire berekening 1985 versus metingen)
19. Afvlakking van fluctuaties in het neerslagoverschot

FIGUREN (in bijlage 1)

2.1 Grenzen regionaal model Midden-Nederland en windowmodel Epe
2.2 Overzichtskaart studiegebied Epe
2.3 Netwerk grondwaterstromingsmodel Epe
2.3a Netwerk grondwaterstromingsmodel: detail veengebieden

3.1 Geohydrologisch profiel A-A'
3.2 Geohydrologisch profiel B-B'
3.3 Geohydrologisch profiel C-C'
3.4 Stuwing (x- en y-richting) in modelgebied
3.5 Dikte deklaag (in m)
3.5a Dikte deklaag: detail veengebieden (in m)
3.6 Top eerste scheidende laag (Eemklei) (in m tov NAP)
3.7 Top tweede scheidende laag (Drenthe klei) (in m tov NAP)
3.8 Top derde scheidende laag (Tegelen klei) (in m tov NAP)
3.9 Geohydrologische basis (in m tov NAP)
3.10 ontbreekt
3.11 Hydraulische weerstand scheidende laag 1 (in dagen)

3.12 Hydraulische weerstand scheidende laag 2 (in dagen)
3.13 Hydraulische weerstand scheidende laag 3 (in dagen)
3.14 Dikte modelpakket 1 (in m)
3.15 Dikte modelpakket 2 (in m)
3.16 Dikte modelpakket 3 (in m)
3.17 Dikte modelpakket 4 (in m)
3.18 Doorlatendheid (x- en y-richting) modelpakket 1 (in m/dag)
3.19 Doorlatendheid (x- en y-richting) modelpakket 2 (in m/dag)
3.20 Doorlatendheid (x- en y-richting) modelpakket 3 (in m/dag)
3.21 Doorlatendheid modelpakket 4 (in m/dag)
3.22 Maaiveldhoogte (in m tov NAP)
3.23 Oppervlaktewaterpeilen in model (in m tov NAP)
3.24 Uittreeweerstand oppervlaktewateren in model (in dagen)
3.25 TRIWACO topsysteem 11
3.26 Invloedsgebied van drie neerslagstations
3.27 Gemiddelde grondwateraanvulling 1985 berekend met FLUZO
3.28a Drainageweerstand topsysteem: detail veengebieden

4.1 Isohypsen modelpakket 1 (stationaire berekening 1985)
4.2 Isohypsen eerste watervoerend pakket (gemeten stijghoogten (gemiddelden 1985)
4.3 Verschil berekende en gemeten stijghoogten 1985 (in m)
4.4 Locatie ijkpunten
4.5 Kwel- en infiltratiepatroon (stationaire berekening 1985)
4.6 Kwel- en infiltratiepatroon (bepaald met systeemanalyse)
4.7 Waterbalans (stationaire berekening 1985)
4.7a Deelwaterbalans Wisselse Veen (stationaire berekening 1985)

BIJLAGEN

1. Figuren
2. Ruwe afvoergegevens van de Klaarbeek 19833-1988 (Provincie Gelderland)
3. Neerslagverdeling over het modelgebied
4. IJkingsresultaat waarnemingsputten/grondwatertrappen

1. INLEIDING

Achtergrond van het grondwaterstromingsmodel Epe

Het proefproject verdroging Epe omvat 3 fasen. Dit is toegelicht in de inleiding van eindrapport deel 1. In de eerste fase waarvan dit rapport een deel beschrijft wordt de haalbaarheid onderzocht van maatregelen die bijdragen aan het behoud en zo mogelijk het herstel van de natuurwaarde van het Wisselse en Tongerense Veen. Die natuurwaarde is de laatste decennia achteruitgegaan. Men neemt aan dat dit voornamelijk het gevolg is van verdroging. Verdere verdroging dreigt als het pompstation Epe (ps Epe) de onttrekking opvoert van 4,7 miljoen m^3/jaar naar de vergunde 6,0 miljoen m^3/jaar.

De twee veengebieden ontlenen hun natuurwaarde in hoofdzaak aan het grondwater dat er opkwelt. Dit water is voedselarm en zwak gebufferd. Het grondwater staat lokaal vlak onder maaiveld. Onder deze omstandigheden gedijt een voor Nederlandse begrippen rijke flora.

Herstel- of beschermingsmaatregelen moeten de kwel en de ondiepe grondwaterstanden veiligstellen. Daarvoor is een goed inzicht nodig in de grondwaterstroming. Die is complex rond Epe waar de ondergrond "gestuwd" is. Een grondwaterstromingsmodel kan in zo'n complexe situatie uitkomst bieden. Het dient als hulpmiddel om inzicht te krijgen in de grondwaterstroming en om effecten te voorspellen van bepaalde maatregelen en om aan de hand daarvan effectieve maatregelen te kunnen selecteren.

Doel en gebruik van het model

Het model wordt gebruikt als hulpmiddel in fase 1 van het proefproject (haalbaarheidsstudie) om de effecten van bepaalde ingrepen op de grondwaterstroming te kwantificeren. Zo zal inzichtelijk worden gemaakt:

- welke invloed ingrepen in het verleden hebben gehad op de grondwaterstroming (oorzakenanalyse verdroging);
- welk effect de winningsuitbreiding op ps Epe zal hebben (van 4,7 naar 6,0 miljoen m^3/jaar);
- welk effect bepaalde maatregelen zullen hebben. Dit gebeurt door verschilberekeningen te presenteren; bijvoorbeeld van berekende stijghoogte- of berekende kwel-infiltratiepatronen.

Kritisch punt bij een modellering is de betrouwbaarheid van de rekenresultaten. Die betrouwbaarheid valt of staat bij de kwaliteit van de invoergegevens. Sommige van die gegevens zijn gedetailleerd bekend, andere slechts bij benadering. Om een indruk te krijgen van die betrouwbaarheid is het model eerst geijkt op de gemiddelde situatie in 1985, geverifieerd en is de gevoeligheid geanalyseerd.

Met het geijkte model zijn daarna een aantal situaties doorgerekend (deelrapport 2):

- situaties waarin bepaalde ingrepen die sinds ca. 1950 hebben plaatsgevonden zijn teruggedraaid (geen grondwaterwinning, minder dicht drainagestelsel in de veengebieden, oorspronkelijk landgebruik);
- mogelijke toekomstige situaties (met herstel- of beschermingsmaatregelen, en met uitbreiding van het pompstation tot de vergunningscapaciteit (6 miljoen m^3/jaar)).

Inhoud van het rapport

Dit eerste deelrapport beschrijft de opzet van het model (hoofdstuk 2), de invoergegevens (hoofdstuk 3) en de ijking (hoofdstuk 4). Daarna volgt de beschrijving van de gevoeligheidsanalyse van het model (hoofdstuk 5). Het rapport besluit met de resultaten van de niet-stationaire verificatie (hoofdstuk 6).

Het tweede deelrapport beschrijft onder meer de toepassing van het model.

2. OPBOUW GRONDWATERSTROMINGSMODEL EPE

2.1 ALGEMEEN

De grondwaterstroming in het gebied rond Epe is gemodelleerd met het programmapakket TRIWACO. Dit pakket beschrijft naast de grondwaterstroming ook de uitwisseling tussen grond- en oppervlaktewater. De invoergegevens voor de aanvulling van het grondwater zijn berekend met het programma FLUZO. Dit programma berekent welk deel van de neerslag de verzadigde zone bereikt en welk deel verdampt.

2.2 RELATIE MET HET REGIONALE GMN-MODEL

Het grondwaterstromingsmodel Epe valt geheel binnen het bestaande regionale grondwaterstromingsmodel dat IWACO heeft ontwikkeld in het kader van de studie Grondwaterbeheer Midden Nederland (GMN) (zie figuur 2.1 in bijlage 1). Deze studie wordt uitgevoerd in opdracht van onder meer de Provincie Gelderland. Het model Epe is grotendeels op het regionale model gebaseerd, maar is aanzienlijk gedetailleerder. De detaillering zit vooral in het oppervlaktewaterstelsel, de maaiveldhoogte en de zogenoemde "stuwing" van de ondergrond. Net als in het GMN-model is de ondergrond geschematiseerd in vier modelpakketten die zijn gescheiden door weerstandsbiedende lagen.

Dit rapport beschrijft vrij uitgebreid die onderdelen die gedetailleerder zijn ingevoerd dan in het GMN-model. Voor nadere informatie over de overige onderdelen wordt verwezen naar de rapportage van fase 2a van het onderzoek Grondwaterbeheer Midden Nederland (IWACO, 1991d).

2.3 GRENZEN EN RANDVOORWAARDEN

De grenzen van het modelgebied (zie figuur 2.2) zijn zo gekozen dat de invloed van ps Epe er grotendeels binnen valt. Dit invloedsgebied is bepaald bij de start van het project met behulp van het GMN-model.

De zuidelijke evenals de noord-oostelijk rand is in de bovenste drie modelpakketten loodrecht op het gemeten isohypsenpatroon gesitueerd (dichte randen). De overige randen zijn als open randen in het model gebracht, waarbij de randvoorwaarden (stijghoogte) zijn overgenomen uit het GMN-model. De westelijke grens is aan de westzijde van de waterscheiding gekozen, de oostrand op de IJssel. Voor het vierde modelpakket zijn alle randen open behalve de zuidrand.

2.4 NETWERK

Het modelnetwerk is weergegeven in de figuren 2.3 en 2.3a. In het netwerk zijn de belangrijke waterlopen en onttrekkingen vastgelegd. In het netwerk zijn alle waterlopen opgenomen waarvan wordt verwacht dat ze een sterke wisselwerking hebben met het grondwater (sterk infiltrerende of drainerende watergangen). De overige waterlopen zijn via een "topsysteem" in het model aangebracht (zie paragraaf 3.4.2).

In het netwerk zijn alle 14 pompputten van het pompstation Epe vastgelegd. De overige (industriële) winningen zijn deels individueel, deel samengevoegd (waar dit verantwoord werd geacht) in het netwerk opgenomen.

Het netwerk is niet in het hele gebied even fijnmazig. De mate van verdichting van het netwerk is bepalend voor de mate van detail waarmee de verschillende parameters kunnen worden ingevoerd. De grootste verdichting is aangebracht in het Wisselse en Tongerense Veen: de aandachtsgebieden in de studie. De knoopafstand bedraagt hier 50 meter. Ter plaatse van het pompstation Epe is de knoopafstand 100 m. Het gebied direct rondom het pompstation en de veengebieden heeft een knoopafstand van 150 m. Tussen de waterscheiding en de Grift/Apeldoorns Kanaal is de knoopafstand 250 m, voor het overige gebied is dit 500 m. In totaal bevat het netwerk 4963 knopen.

2.5 IJKINGS- EN REKENPERIODE

Als stationaire ijkperiode is het jaar 1985 gekozen. Uit een evaluatie van veeljarige reeksen van stijghoogten en neerslagoverschot is dit jaar naar voren gekomen als het meest recente, stabiele en gemiddelde hydrologisch jaar (IWACO, 1991c). Dit geldt voor de meteorologie (neerslag en grondwateraanvulling) en voor de hydrologie (afvoer- en stijghoogte-reeksen). Het geldt ook voor de grondwaterwinning op pompstation Epe (zie paragraaf 4.1). Een langjarig gemiddelde situatie is nodig om een betrouwbare stationaire ijking uit te kunnen voeren. Het grondwatersysteem op de Veluwe - met een dikke onverzadigde zone en dikke freatische watervoerende pakketten - reageert namelijk traag op hydrologische veranderingen.

Het model Epe is eerst stationair geijkt op de gemiddelden in het jaar 1985 van grondwaterstijghoogten in waarnemingsputten, op het kwel- en infiltratiepatroon en op gemiddelde afvoeren van het oppervlaktewater in dat jaar. Vervolgens heeft een niet-stationaire verificatie plaatsgevonden.

3. INVOERGEGEVENS

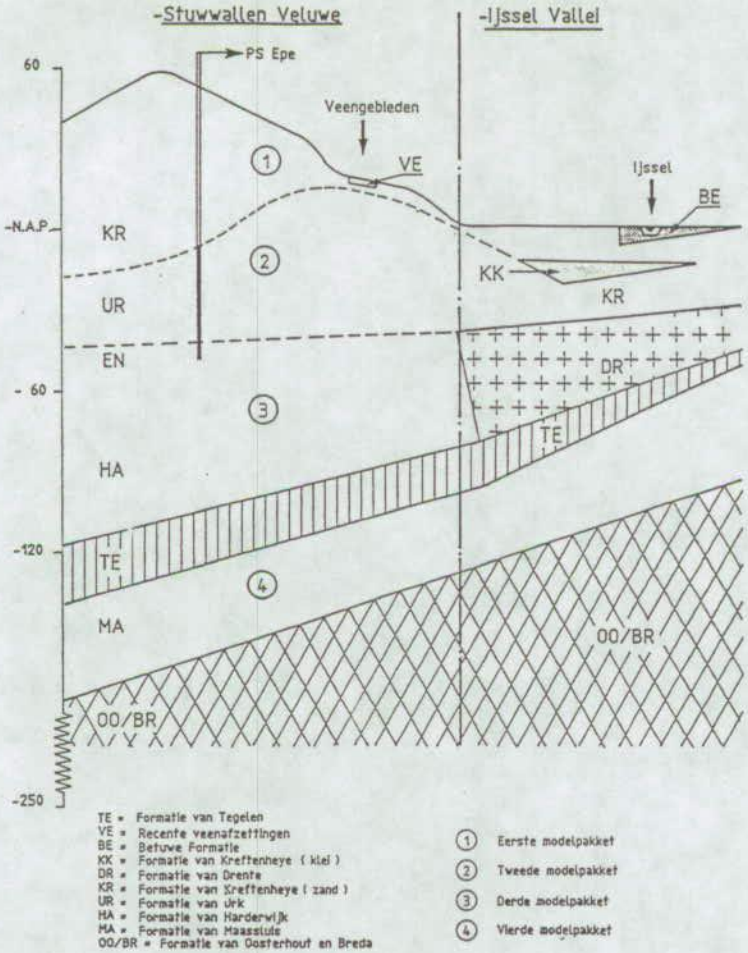
3.1 DATAVERWERKING

Voor de invoer van het Epe-model zijn de gegevens van het GMN-model aangevuld met onder meer boorgegevens van de Rijks Geologische Dienst (RGD), maaiveldhoogten (van topografische kaart 1:10.000) in het Wisselse en Tongerense Veen, gegevens van het oppervlaktewaterstelsel, de dikte van de veenlaag in de veengebieden en de dikte van de onverzadigde zone. De gegevens zijn deels opgeslagen in de geohydrologische databank DAWACO en verder verwerkt met het Geografisch Informatie Systeem ARC/INFO.

3.2 GEOHYDROLOGISCHE SCHEMATISATIE

3.2.1 Watervoerende en weerstandsbiedende lagen

In het model is de ondergrond schematisch ingedeeld in vier watervoerende pakketten en drie weerstandsbiedende lagen. Deze indeling is weergegeven in figuur 1.



Figuur 1. Geohydrologische schematisatie

De ondergrond op de stuwwal verschilt sterk van die in de IJsselvallei. Op de stuwwal is sprake van één dik grofzandig pakket tot aan de Tegelen klei, in de IJsselvallei komen twee weerstandsbiedende lagen voor. De geologische profielen A-A', B-B' en C-C' illustreren dit (figuur 3.1 t/m 3.3 in bijlage 1). In het model zijn de twee weerstandsbiedende lagen doorgetrokken op de stuwwal. Ze hebben daar een relatief geringe hydraulische weerstand (50 dagen) en ze dienen onder meer om de onttrekkingsputten van pompstation Epe op de juiste diepte in het model te brengen (onvolkomen filters).

Aan de watervoerende pakketten in het model is een kD-waarde toegekend, aan de weerstandsbiedende lagen een hydraulische weerstand. De kD-waarde wordt berekend per knoop van het model op basis van de dikte van het watervoerend pakket en de k-waarde. De hydraulische weerstand wordt berekend als functie van de dikte, de diepteligging en een evenredigheidsconstante (voor een uitgebreide beschrijving, zie IWACO, 1991, hoofdstuk 4). Alleen voor de derde weerstandsbiedende laag is afgeweken van deze functie omdat de dikte van deze laag niet goed bekend is. Daarom zijn per vlak waarden toegekend op grond van beschikbare literatuurgegevens (o.a. BROKS, 1991).

De geohydrologische basis van het systeem (zie figuur 3.9 in bijlage 1) ligt in het model aan de top van de kleilagen van de Formatie van Oosterhout of Breda. Deze zijn afgezet in het Tertiair.

Daarboven komen matig doorlatende afzettingen van de Formatie van Maassluis voor die het vierde watervoerende pakket vormen (voor dikte en k-waarden in het model zie figuur 3.17 en 3.21 in bijlage 1). Jongere afzettingen van de Formatie van Oosterhout en oudere van de Formatie van Tegelen worden eveneens tot het vierde watervoerende pakket gerekend, daar waar deze zandig zijn ontwikkeld.

De derde weerstandsbiedende laag wordt in de meeste gevallen gevormd door de kleiïge afzettingen van de Formatie van Tegelen. De derde weerstandsbiedende laag ontbreekt in het grootste deel van de IJsselvallei (voor diepteligging en hydraulische weerstand in het model, zie figuur 3.8 en 3.13 in bijlage 1). Op basis van het rapport "Geohydrologisch onderzoek winbare hoeveelheid 'Salland-diep'" is de weerstand van deze laag verhoogd ten opzichte van het GMN-model. De waarden variëren van 125.000 dagen in het zuidwesten van het modelgebied tot 50.000 dagen in het overige deel.

De grofzandige afzettingen van de Formatie van Harderwijk vormen het derde watervoerende pakket (voor dikte en k-waarde zie figuur 3.16 en 3.20 in bijlage 1). Ook dit pakket ontbreekt in het grootste deel van de IJsselvallei. Het is verdwenen in een van de laatste ijstijden waarin het landijs daar een glaciaal bekken "uitschuurde". Verder is op figuur 3.16 langs een noordwest-zuidoost-as een sprong zichtbaar in de dikte van het pakket. Deze sprong ligt in het verlengde van een breuk die de RGD heeft afgeleid uit boringen in onder meer Deventer. Verwacht wordt dat deze breuk doorloopt in het studiegebied.

Het voormalige glaciale bekken uit een van de laatste ijstijden is later opgevuld met klei- en leemafzettingen van de Formatie van Drenthe die nu de tweede weerstandsbiedende laag vormen (zie voor diepteligging figuur 3.7 in bijlage 1). Op de stuwwal komt deze formatie niet voor maar in het model is de laag wel doorgetrokken. De laag heeft daar een lage hydraulische weerstand (zie figuur 3.12 in bijlage 1) waarmee de geringe stijghoogteverschillen worden gesimuleerd die in de verticaal worden gemeten. De diepteligging van de laag is zo gekozen dat die ter plaatse van het pompstation samenvalt met de onderkant van de onttrekkingsputten.

Het tweede watervoerende pakket wordt in de IJsselvallei gevormd door de grove afzettingen van de Formatie van Kreftenheye. Ook de grove fluvioglaciale afzettingen aan de top van de Formatie van Drenthe maken deel uit van dit pakket. In de gestuwde delen wordt dit pakket gevormd door de grofzandige afzettingen van de Formaties van Enschede en Urk (voor dikte en k-waarde in het model zie figuur 3.15 en 3.19 in bijlage 1).

De eerste weerstandsbiedende laag bestaat in de IJsselvallei uit de kleiïge en soms venige afzettingen van de Formatie van Kreftenheye (veelal aangeduid als Eemklei). Op de stuwwal komen deze afzettingen niet voor. De eerste weerstandsbiedende laag is - net als de tweede - in de modelschematisatie echter wel doorgetrokken. Dit om de bovenkant van de onttrekkingsfilters van pompstation Epe op de juiste diepte in het model te kunnen brengen (zie figuur 3.6 voor de diepteligging en 3.11 voor de hydraulische weerstand in het model).

De Formaties van Twente en Kreftenheye vormen het eerste watervoerende pakket. Het bestaat uit matig fijne tot grove zanden (voor dikte en k-waarden zie figuur 3.14 en 3.18 in bijlage 1).

De deklaag van het geohydrologische systeem tenslotte, bestaat uit de kleiïge en venige afzettingen van de Betuwe Formatie. Deze komt voor in de IJsselvallei (zie voor de dikte figuur 3.5). Op de stuwwal is de deklaag afwezig, met uitzondering van het relatief laag gelegen Wisselse en Tongerense Veen, waar zich een deklaag van hoogveen heeft gevormd. Dit veen is in de laatste eeuwen vergraven toen de gebieden in cultuur werden gebracht. Nu resteert nog een 0,2 tot 1,2 meter dik venig pakket (zie figuur 3.5a voor de dikte in de veengebieden). Dit pakket heeft in het model een hydraulische weerstand van 100 dagen per meter.

3.2.2 Stuwing

In de hogere delen van het gebied (grofweg boven een maaiveldhoogte van 8 meter +NAP) is de ondergrond "gestuwd". Deze stuwing is ontstaan in het Saalien, een ijstijd waarin landijs ter plaatse van de huidige IJsselvallei een diep glaciaal bekken heeft uitgeschuurd. Het ijs heeft hierbij een deel van het materiaal dat vrijkwam lateraal opgestuwd: de stuwwallen.

De stuwwal bevat materiaal van de Formaties van Urk, Kreftenheye, Maassluis (de eerst drie watervoerende pakketten). Tot hoe diep de ondergrond gestuwd is, is niet goed bekend. Uit de ijking van het model is afgeleid dat de stuwing in het modelgebied tot aan de Formatie van Tegelen reikt. De stuwing veroorzaakt een sterke anisotropie ten aanzien van de grondwaterstroming. In de stuwingsrichting (tussen oost/west en oost-zuidoost/west-noordwest, zie figuur 3.4 in bijlage 1) is het doorlaatvermogen beperkt en ondervindt het grondwater aanzienlijke hydraulische weerstand. Dit leidt tot een sterke opbolling van de grondwaterspiegel (zie figuur 4.2 in bijlage 1).

Op sommige plaatsen is bekend dat de hydraulische weerstand is geconcentreerd in zogenoemde kleischotten. Maar in het grootste deel van het gebied zijn hier geen duidelijke aanwijzingen voor; zie ook de boorprofielen (figuren 3.1 t/m 3.3). Daarom is in het model gewerkt met anisotropiefactoren. In het gestuwde gedeelte zijn die per deelgebied toegekend (zie figuur 3.4 of 3.18).

Over de mate van anisotropie is weinig bekend. Uit de ijking van het model is een anisotropie afgeleid van overwegend 1:7 à 1:10 in de omgeving van het pompstation. Lokaal is in het

model een anisotropie ingevoerd van 1:100. De mate van anisotropie is het betrouwbaarst te ijken in de omgeving van het pompstation omdat daar vanuit alle richtingen intensieve stroming plaatsvindt richting onttrekkingsputten en omdat er een relatief dicht net van waarnemingsputten is. Toch zitten er nog onzekerheden in de ingevoerde anisotropie; vooral in de kx-waarde (zie ook paragraaf 4.4.2).

Verder van het pompstation af is de stroming minder intensief en is ook de dichtheid van de waarnemingsputten geringer. Daar kunnen de werkelijke en de ingevoerde waarde naar verwachting lokaal een factor 2 à 3 verschillen (zie ook paragraaf 4.4.2).

3.3 ONTTREKKINGEN

De locaties van de onttrekkingen zijn weergegeven in figuur 2.3 in bijlage 1. Ze zijn gebaseerd op de gegevens van de provincie Gelderland. Daar waar onttrekkingen dicht bij elkaar liggen en waar ze op voldoende afstand liggen van de aandachtsgebieden, zijn ze in het model op één locatie ingevoerd en zijn de onttrekkingshoeveelheden bij elkaar opgeteld. Voor alle winningen in het model is de totale onttrekkingshoeveelheid over het jaar 1985 genomen.

De onttrekkingshoeveelheden en de verdeling over de verschillende putten van het pompstation Epe zijn gebaseerd op gegevens van de Waterleiding Maatschappij Gelderland (WMG) voor het jaar 1985.

Onttrekkingen voor beregening uit grondwater zijn niet in het model opgenomen. Volgens provinciale bestanden (d.d. december 1991) zijn er binnen de gemeente Epe 9 locaties waar wordt beregend uit grondwater. Hoeveelheden zijn onbekend. Het is aannemelijk dat de invloed van deze tijdelijke onttrekkingen op de gemiddelde jaarlijkse stijghoogten gering is. Het verwaarlozen ervan zal bij de ijking van het model niet leiden tot significante afwijkingen. De onttrekkingshoeveelheden en de winningspakketten zijn weergegeven in tabel 3.1.

Tabel 3.1: Onttrekkingen 1985

Knoopnr. fig. 2.3	Model pakket	Onttrekking m3/dag	Specificatie
1	2	1156	PS EPE PB1
2	2	100	" " PB2
3	2	275	" " PB3
4	2	256	" " PB3
5	2	610	" " PB5
6	2	622	" " PB6
7	2	2224	" " PB7
8	2	1760	" " PB8
9	2	0	" " PB9
10	2	841	" " PA1
11	2	1175	" " PA2
12	2	651	" " PA3
13	2	402	" " PA4
14	2	256	" " PA5
15	2	8	WISSEL 3402-016-1 *
16	2	8	EPE 3402-012-1
17	2	5	EPE 3402-009-1
18	3	124	EPE 3402-014-1
19	2	1529	3402-004-1 +34003-1
20	2	9	EPE 3402-015-1
21	1	59	EPE 3402-002-3
22	1	14	HEERDE 3404-006-3
23	3	169	EPE 3402-018-1
24	1	19	HEERDE 3404-016-3 + 3404-007-3
25	2	27	HEERDE 3404-003-1
26	2	0	HEERDE 3404-009-1
27	1	5	HEERDE 3404-008-1
28	1	5	HEERDE 3404-008-3
29	1	103	HEERDE 3404-010-1
30	1	0	HEERDE 3404-005-3 + 3404-005-3
31	1	0	VEESSEN 3404-004-3

* aanduiding volgens provinciaal bestand grondwateronttrekkingen

3.4 OPPERVLAKTEWATER

3.4.1 Hoofdwatergangen (afzonderlijk in model)

De hoofdwatergangen in het Wisselse en Tongerense Veen zijn apart ingevoerd in het model. Ze snijden in in het eerste modelpakket. Ook de Grift, het Apeldoorns Kanaal, de grotere weteringen in de IJsselvallei en de Heerderbeken zijn apart in het model ingevoerd.

Van elke watergang zijn ingevoerd: het waterpeil (zie figuur 3.23 in bijlage 1), de natte omtrek, en de in- en de uittreeweerstand. Voor de beken op de stuwwal zijn liggergegevens gebruikt van het Waterschap Oost Veluwe, veldwaarnemingen tijdens twee veldbezoeken in juni en juli 1991 en onderzoeksgegevens van het Zuiveringsschap Veluwe.

Uit het basisrapport Beken op de Veluwe (Provincie Gelderland, 1982) is overgenomen welke beektrajecten draineren en welke transporteren (zie ook figuur 3.24 in bijlage 1). In het model hebben die trajecten verschillende in- en uittreeweerstanden (zie tabel 3.2). Voor de Grift, het Apeldoorns Kanaal en de weteringen zijn naast liggergegevens ook (stuw-)peilen gebruikt uit databestanden van het Waterschap Oost-Veluwe en Rijkswaterstaat.

Tabel 3.2: Invoergegevens hoofdwatergangen

Parameter	Invoergegevens Stuwwal	IJsselvallei
waterpeil	bodemhoogte + 0,1 m	stuwpeilen
natte omtrek	bodembreedte + 3x waterdiepte	schatting
intreeweerstand (transporterend traject)	200 dagen	nvt
intreeweerstand (drainerend traject)	0,5 à 1 dag	5 dagen
uittreeweerstand (transporterend traject)	200 dagen	nvt
uittreeweerstand (drainerend traject)	5 dagen	10 dagen

Uit de tabel blijkt dat de drainerende delen op de stuwwal lagere in- en uittreeweerstanden hebben dan in de IJsselvallei. De reden daarvoor is de volgende. In werkelijkheid kan grondwater, dat naar een watergang stroomt, hydraulische weerstand ondervinden van achtereenvolgens: de eerste scheidende laag, leem- of kleilaagjes in het watervoerend pakket, en de waterbodem. In het model kan de hydraulische weerstand van kleilaagjes binnen een watervoerend pakket niet aan dat pakket zelf worden toegekend. In het model wordt die weerstand "verschoven": ofwel omhoog naar de in- en uittreeweerstand van de oppervlaktewateren ofwel omlaag naar de hydraulische weerstand van de eerste scheidende laag. Op de stuwwal waar het eerste modelpakket relatief dun is (circa 4 m) is ervoor gekozen om die weerstand op te tellen bij die van de eerste scheidende laag. In de IJsselvallei waar het eerste model pakket dikker is, is ervoor gekozen om die weerstand te verdisconteren in de in- en uittreeweerstanden van de watergangen.

3.4.2 Kleinere watergangen (verwerkt in topsysteem)

De kleinere watergangen zijn met een topsysteem (zie figuur 3.25 in bijlage 1) in het model opgenomen via gebiedswaarden van drainage- en/of infiltratieweerstand. Het betreft hier kavelsloten die slechts beperkte invloed hebben op het grondwatersysteem.

De drainageweerstand is gebaseerd op het analytische model volgens Bruggeman, dat uitgaat van een aantal kenmerken van het oppervlaktewaterstelsel en de geohydrologische opbouw van de ondergrond:
- slootafstand (L);
- natte omtrek (B);
- doorlatendheid drainerende laag (k_h en k_z);
- dikte van de drainerende laag (D);
- hydraulische weerstand drainerende laag (c);
- slootbodemweerstand (c_b).

Voor een gedetailleerde beschrijving van de bepaling van deze bodemparameters, wordt verwezen naar de rapportage van het GMN-model (IWACO, 1991a).

De diepte van de kavelsloten is eveneens via gebiedswaarden in het model opgenomen. De waarden per deelgebied zijn gebaseerd op veldwaarnemingen. In het model wordt de slootdiepte gekoppeld aan de maaiveldhoogte. Zo wordt de drainagebasis bepaald. Vooral in

kwelgebieden wordt de grondwaterstand die het model berekent sterk bepaald door de hoogteligging van de drainagebasis en dus indirect door de maaiveldhoogte in het model. In de aandachtsgebieden (Wisselse en Tongerense Veen) zijn de maaiveldhoogten in het model overgenomen van de top-kaart 1:10.000. In de overige gebieden is de top-kaart 1:25.000 gebruikt.

3.5 NEERSLAG

3.5.1 Algemeen

Niet alle neerslag bereikt ook werkelijk het grondwater. Het deel dat het grondwater bereikt wordt in dit rapport de grondwateraanvulling genoemd of het neerslagoverschot. Hoe groot dit deel is, hangt af van de opbouw van de ondergrond, de diepte van de grondwaterstand (capillaire nalevering) en het landgebruik. Verder hangt het af van de meteorologische tijdreeksen.

3.5.2 Grondwateraanvulling

Het programma FLUZO (Flow in the Unsaturated Zone), is gebruikt om de grondwateraanvulling te berekenen. Dit programma rekent volledig niet-stationair (per decade op basis van de grondwaterstand, de neerslag, de potentiële verdamping, het landgebruik en de bodemopbouw).

FLUZO schematiseert de onverzadigde zone in twee reservoirs: één voor de wortelzone en één voor de ondergrond. Het maakt gebruik van de van Genuchten relaties voor de vochtkarakteristieken (vochtretentie-curve en K-h relatie) bij de berekening van de capillaire opstijging en vochttekorten in beide reservoirs. Voor een uitgebreidere beschrijving van FLUZO wordt verwezen naar het GMN-rapport (IWACO, 1991a).

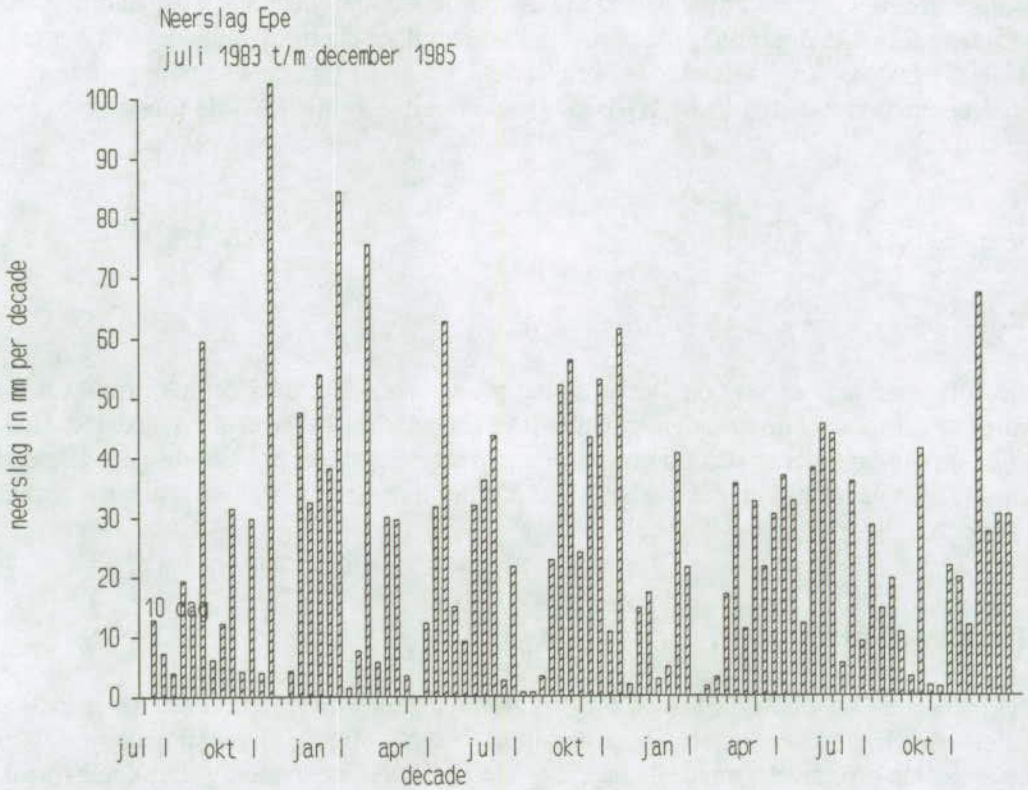
Bij de berekening zijn gegevens gebruikt van drie neerslagstations (Epe en Heerde in het modelgebied en Oldebroek ten noordwesten ervan, zie figuur 3.26) en van het verdampingsstation te Lelystad. Voor elke knoop uit het netwerk is de FLUZO-berekening uitgevoerd voor de jaren 1984 (inloopjaar) en 1985. De gemiddelde grondwateraanvulling in het gebied zoals berekend door FLUZO is 0,95 mm/dag.

Onzekerheden bij berekening grondwateraanvulling

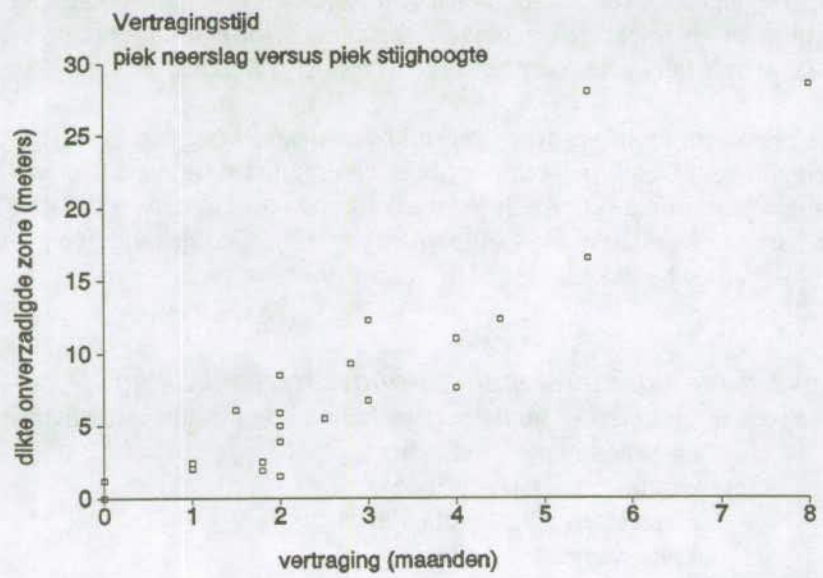
Vier aspecten zijn onzeker bij de berekening van de grondwateraanvulling:

1. neerslagverdeling over het gebied;
2. representatieve neerslagperiode;
3. gewasfactoren naaldbos en heide
4. invloed van vorstperiode begin 1985.

Deze onzekerheden gelden het sterkst voor de stuwwal.



Figuur 2 Neerslag juli 1983 t/m december 1985 (Epe)



Figuur 3 Vertraging tussen piek in neerslag en piek in grondwateraanvulling afgezet tegen dikte onverzadigde zone

Neerslagverdeling: Thiessen-polygonen versus iso-hyeten

Bij de berekeningen zijn neerslaggegevens ingevoerd volgens drie Thiessen-polygonen (drie neerslagstations, zie figuur 3.26 in bijlage 1). Binnen een polygoon is telkens uniform de neerslag ingevoerd van het bijbehorende station.

Gezien de topografische hoogteverschillen komt ook een benadering volgens iso-hyeten in aanmerking (contourlijnen van gelijke neerslag). De Provincie Gelderland heeft iso-hyeten afgeleid voor het modelgebied uit langjarige gegevens van negen neerslagstations in de (wijde) omgeving van Epe (zie bijlage 3).

In bijlage 3 is uitgewerkt dat lokaal een fout wordt gemaakt van maximaal ca. 5% door de gemiddelde waarde toe te kennen aan het hele polygoon. Bij de modelberekeningen is de Thiessen-polygoonbenadering gehandhaafd vanwege het feit dat:

- de verschillen tussen winter en zomer de iso-hyetenbenadering veel bewerkelijker maken dan de Thiessen-benadering;
- de hierboven genoemde fout van lokaal maximaal 5% in de ingevoerde neerslag relatief gering is ten opzichte van de mogelijke fout in de neerslag door de keuze van de representatieve neerslagperiode/vertraging (zie ad 2) en die in de berekende verdamping (zie ad 3);

Representatieve neerslagperiode

In de delen van het gebied met een dikke onverzadigde zone (meer dan 3 meter) dient de FLUZO-berekening te worden gecorrigeerd voor:

- vertraging tussen neerslag en moment dat dit doorwerkt in de grondwaterstand (zowel relevant stationair als niet-stationair);
- afvlakking van neerslagpieken tijdens het transport door de onverzadigde zone (alleen niet-stationair relevant, zie hoofdstuk 5).

De vertragingstijd tussen neerslag- en stijghoogtepiek is geschat door pieken in neerslagreeksen en tijd-stijghoogtelijnen te correleren. Deze benadering gaat uit van de simplificatie dat de stijghoogten hoofdzakelijk fluctueren door seizoensverschillen in neerslag.

Voor het modelgebied Epe is de neerslagpiek gekozen van januari 1984 (zie figuur 2). Een belangrijk argument voor juist deze piek is dat in het jaar ervoor en erna de onttrekking op het pompstation vrijwel constant is. Hiervan is dus geen verstoring te verwachten. Met deze benadering zijn vertragingen geschat van 0 tot ruim 8 maanden (zie figuur 3).
Hierbij dient opgemerkt dat op basis van andere neerslagpieken ook andere vertragingen kunnen worden afgeleid. De marge bedraagt maximaal circa 2 maanden.

Gezien de beperkte nauwkeurigheid van de benadering is besloten het modelgebied op te delen in slechts drie vertragingszones: nul, twee en vijf maanden (zie ook hoofdstuk 5).

In een gebied waar de vertraging is geschat op ca. vijf maanden is met het neerslagoverschot gerekend over de periode augustus 1984 t/m juli 1985 (uitvoer van FLUZO per decade gesommeerd). Dit is gemiddeld voor het modelgebied 3% hoger dan het overschot over januari t/m december 1985, maar in de vertragingszone van 5 maanden is het lokaal ruim 40% hoger. Bij een onzekerheidsmarge in de vertragingstijd van twee maanden hoort dan een onzekerheid in het neerslagoverschot van circa 15%.

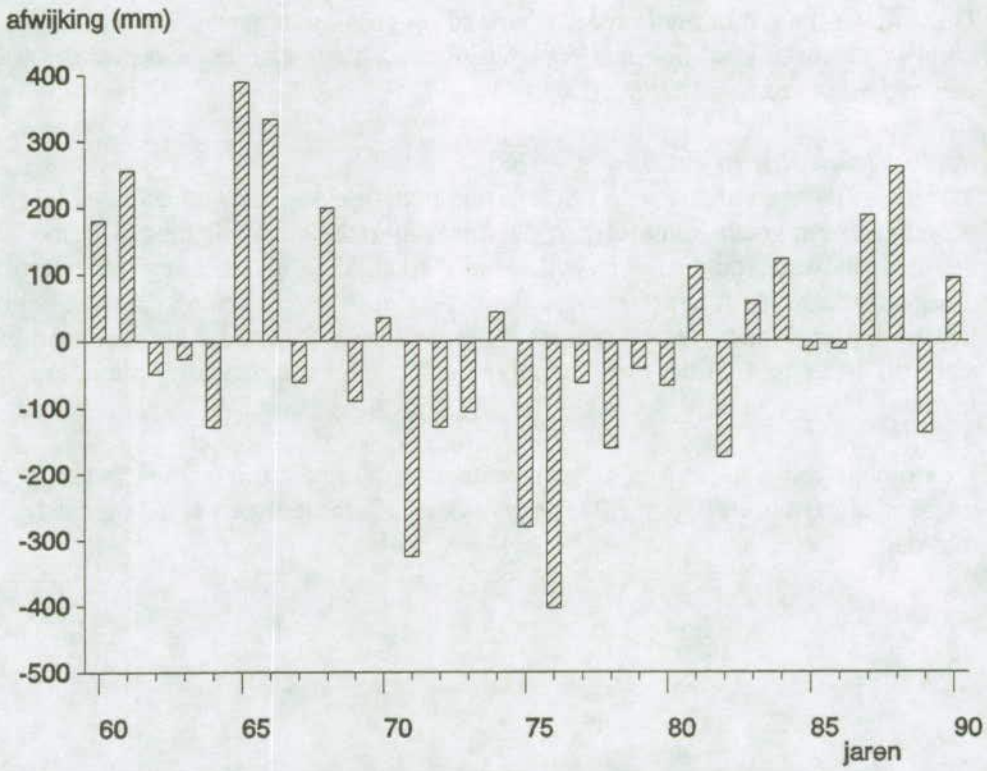
Onzekerheid in gewasfactoren

De verdamping wordt onder meer berekend op grond van gewasfactoren. Voor grasland zijn de gewasfactoren goed bekend. Voor naaldbos en heide kan de gewasfactor variëren binnen een marge van naar schatting 10 à 15 %.

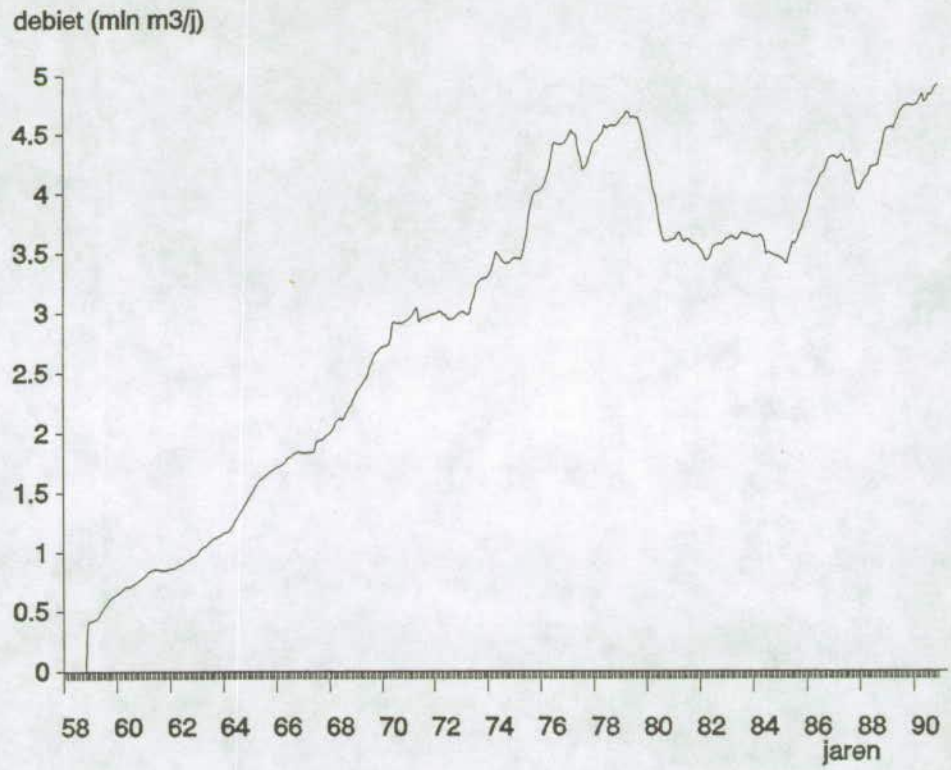
Invloed vorstperiode begin 1985

Tijdens of na een vorstperiode kan neerslag oppervlakkig afstromen die anders aan het grondwater ten goede komt. Het model houdt hiermee geen rekening. Het model berekent dan dat de grondwaterstand stijgt terwijl die in werkelijkheid daalt. Dit gegeven wordt meegenomen bij de interpretatie van de niet-stationaire berekening (in twee peilbuizen lijkt het verschijnsel inderdaad op te treden, zie hoofdstuk 5). Omdat het niet goed bekend is hoe sterk dit effect is, lijkt het niet zinnig het door middel van een correctie in te bouwen in het model.

De ruimtelijke verdeling van de grondwateraanvulling die uiteindelijk in het model is ingevoerd is afgebeeld in figuur 3.27, de gemiddelde waarde over het hele gebied is 1,11 mm/dag.



Figuur 4. Jaarlijks neerslagoverschot versus gemiddelde over periode 1960-1990 (globaal berekend als de gemiddelde neerslag van de 3 stations in het gebied minus de verdamping (de Bilt))



Figuur 5. Grondwateronttrekking PS Epe (voortschrijdend gemiddelde over 12 maanden).

4. STATIONAIRE IJKING VAN HET MODEL

4.1 ALGEMEEN

Het Epe-model is eerst stationair geijkt, daarna heeft een niet-stationaire verificatie plaatsgevonden. Als stationaire ijkperiode is het jaar 1985 gekozen, omdat de hydrologische situatie in dat jaar een veeljarig gemiddelde benadert (zie figuur 4) en omdat PS Epe in de jaren daarvoor met een vrijwel constant debiet onttrok (zie figuur 5). Een min of meer gemiddelde situatie is een voorwaarde voor een goede stationaire ijking omdat het grondwatersysteem op de Veluwe - met een dikke onverzadigde zone en dikke freatische watervoerende pakketten - traag reageert op hydrologische veranderingen.

4.2 IJKINGSCRITERIUM

Een model is voldoende "geijkt" als de modeluitkomsten binnen een bepaalde marge overeenkomen met gemeten waarden. Die marge (toelaatbare afwijking) noemen we het ijkingscriterium. Er bestaat geen stelregel die zegt welke afwijking nog toelaatbaar is. Hier is een aantal redenen voor.

Ten eerste verschillen de eisen afhankelijk van het doel van het model. Het Epe model is opgezet om stijghoogteveranderingen te voorspellen. Het gaat dus om verschilberekeningen. Dit vereist een minder gedetailleerd model dan voorspelling van een absolute grondwaterstand. Wel dient het Epe model de invloed uit te rekenen van veranderingen in het oppervlaktewaterstelsel in het Wisselse en Tongerense Veen. Dit vereist een relatief gedetailleerd model, zeker in de veengebieden, dat de relatie tussen grond- en oppervlaktewater goed simuleert.

Ten tweede wordt een model geijkt aan meetgegevens uit het veld. De betrouwbaarheid van die gegevens (de meetwaarde zelf maar ook de locatiebepaling, waterpassing en dergelijke) is vaak niet goed bekend (zie ook paragraaf 4.4.1). Verder zijn meetwaarden niet altijd representatief voor de omgeving. Uit ervaringen van de WMG is bekend dat ten noorden van het Tongerense Veen over kleine afstanden grote variaties optreden in grondwaterstanden, doorlatendheden, enzovoorts. Tot slot ontbreken soms ijkgegevens op plaatsen waar ze juist dringend gewenst zijn. Dit is bijvoorbeeld het geval in het Wisselse Veen.

Ten derde zijn er beperkingen aan hard- en software. Er is een grens aan het aantal knooppunten in het netwerk (in verband met de tijdsduur van één berekening) en daarmee aan de mate waarin ruimtelijke variaties in het model kunnen worden ingevoerd. Bij de relatief kleine knooppuntsafstand van 50 à 250 meter op de stuwwal is het soms toch niet mogelijk om de steile lokale gradiënten van bijvoorbeeld het maaiveld goed in het model te krijgen. Hetzelfde geldt voor de ligging van de watergangen die in het model toch altijd enigszins is geschematiseerd (zie figuur 2.3a in bijlage 1).

Op grond van bovenstaande overwegingen zijn de volgende ijkingscriteria gesteld (zie tabel 4.1). Deze criteria zijn niet erg scherp.

Tabel 4.1: IJkingscriteria

	maximale afwijking stijghoogte	maximale afwijking afvoer
veengebieden	0,5 m	20%
omgeving pompstation	0,5 m	nvt
rest van het gebied	0,5 à 1,5 m	nvt

De ijking wordt in principe doorgezet tot deze criteria zijn gehaald. Alleen als een logische verklaring kan worden aangevoerd is lokaal een grotere afwijking acceptabel. Bij de ijking zijn twee fasen onderscheiden: de globale en de detail-ijking. Vooral de tweede fase wordt hierna uitvoerig beschreven.

4.3 GLOBALE IJKING

In eerste instantie is geijkt op het jaargemiddelde van gemeten stijghoogten in het eerste watervoerend pakket (1985), de ligging van de waterscheiding en de ligging van kwel- en infiltratiegebieden. Het ging erom de grootste onnauwkeurigheden uit het model te halen en de gevoeligheid van het model af te tasten.

De grondwateraanvulling, het doorlaatvermogen (anisotropie) en de hydraulische weerstand van de derde weerstandsbiedende laag zijn bij de globale ijking gebruikt als ijkingsparameters. Nadat een redelijk resultaat was bereikt, is rond het pompstation en in de veengebieden een detail-ijking uitgevoerd.

4.4 DETAIL-IJKING

4.4.1 Onzekerheden basisgegevens

Stijghoogten

In de veengebieden zijn weinig stijghoogtemetingen beschikbaar. Om het aantal ijkpunten te vergroten zijn stijghoogtemetingen van drie peilbuizen (LW16, 17 en 18 op figuur 4.4 in bijlage 1) die pas in 1987 zijn geplaatst, vertaald naar gemiddelde stijghoogten in 1985 door middel van een correlatie.

Verder is de gemiddelde stijghoogte op een aantal locaties geschat op basis van de maaiveldhoogte (topografische kaart 1:10.000) en de grondwatertrap (inventarisatie uit 1976-1978). Hierbij is aangenomen dat sinds de inventarisatie geen significante wijziging in grondwatertrappen is opgetreden en zijn de volgende waarden aangehouden.

Tabel 4.2: Schatting gemiddelde grondwaterstand uit grondwatertrap

Grondwatertrap	Meetpunt (zie figuur 4.4 en bijlage 2)	Gemiddelde grondwaterstand (in m -mv)
1	GT5-1	0,3
2	GT3-2	0,4
3	GT2-3, GT4-3, GT6-3, GT7-3	0,5
6	GT1-6	1,0

Afvoer van de Klaarbeek

De beken in de veengebieden komen samen in de Klaarbeek. De afvoer van de Klaarbeek is tussen 1975 en 1990 circa eens per maand gemeten met een Ott-molen. Het meetpunt ligt vlakbij de uitmonding van de Grift (zie figuur 4.4 in bijlage 1).

De ruwe afvoergegevens voor 1985 van de Klaarbeek zijn afgebeeld in bijlage 2. In 1985 ontbreken de waarden voor januari, augustus en september. IWACO heeft deze waarden geïnterpoleerd. Bij gebrek aan betere gegevens is aangenomen dat de incidentele meting de gemiddelde afvoer voor de bewuste maand weergeeft. De afvoer over 1985 (hydrologisch gemiddeld jaar) bedraagt dan 4,1 miljoen m^3/jaar. Deze aanname mag niet zonder meer worden gedaan want de beek reageert snel op neerslag en de afvoer fluctueert aanzienlijk (laaglandbeek). Ter onderbouwing van de aanname is een vergelijking gemaakt met de - op eenzelfde manier bepaalde - gemiddelde afvoer over de periode 1975-1990. Dit gemiddelde bedraagt 4,7 miljoen m^3/jaar. De afwijking tussen beide is ruim 15%. Naar verwachting geeft deze marge ongeveer de onzekerheid in de metingen aan.

Op twee manieren is verder geprobeerd om de betrouwbaarheid van de metingen in de Klaarbeek te schatten:

1. verhouding tussen afvoer Klaarbeek en afvoer van de Grift die een aantal jaren continu is geregistreerd (bij Heerde).
2. relatie met de neerslag.

ad 1

Het stroomgebied van de Klaarbeek is ca. 1500 ha. Het watert af op de Grift die een totaal stroomgebied heeft van ca. 7000 ha (Waterschap Oost-Veluwe, 1988b). De verhouding is 1 : 4,7. Van de Grift is alleen voor 1978 en 1979 een volledige meetreeks beschikbaar, voor de Klaarbeek zijn er die jaren puntwaarnemingen:

Tabel 4.3: Afvoer Klaarbeek versus afvoer Grift (1978-1979)

jaar	Klaarbeek (miljoen m3)	Grift (miljoen m3)	Klaarbeek/Grift	neerslag (*) (mm)
1978	3,3	18.9	1 : 5,7	662
1979	5,6	19,6	1 : 3,5	782

(*) gemiddelde van de stations Epe Heerde en Oldebroek

zijn de waarden voor k_x verhoogd tot waarden van 6 à 10 m/dag. De werkelijke waarde ligt hier naar verwachting binnen een marge van 0,5 à 1,25 maal de ingevoerde waarde.

Neerslagoverschot

Zoals beschreven in paragraaf 3.5.2 zitten er diverse onzekerheden in het met FLUZO berekende neerslagoverschot. Dit geldt vooral op de stuwwal. Op grond van de marges die zijn aangegeven in genoemde paragraaf geldt op de stuwwal circa 15% onzekerheid in het berekende neerslagoverschot dat representatief is voor de gemiddelde situatie in 1985. In de laatste fase van de ijking is het door FLUZO berekende neerslagoverschot 10% verhoogd. Hiermee zit de ingevoerde waarde relatief hoog in het waarschijnlijkheidsinterval.

drainageweerstand topsysteem/intreeweerstand hoofdwatergangen

De uitwisseling tussen grond- en oppervlaktewater is aangepast op grond van een nadere inventarisatie van slootafstanden en variatie in de bodemweerstand van de sloten en hoofdwatergangen (uiteindelijk 0,5 dag respectievelijk 0,5 à 1 dag).

4.5 IJKINGSRESULTAAT

Het ijkingscriterium wordt vrijwel in het hele gebied gehaald. De verschillen tussen berekende en gemeten gemiddelde stijghoogten in 1985 in het eerste modelpakket zijn weergegeven in figuur 4.3. Deze verschillen, inclusief statistische gegevens, zijn ook weergegeven in bijlage 4; bij een aantal putten zijn bijzonderheden vermeld die een verklaring kunnen zijn voor grotere verschillen. Hieronder worden de belangrijkste resultaten toegelicht.

Alle berekende stijghoogten in het eerste watervoerend pakket ten oosten van de waterscheiding wijken minder dan 1,5 m af van de gemeten waarden. Ten westen van de waterscheiding, vlakbij de bekende locatie van een kleischot is de afwijking lokaal groter (maximaal 2,72 m). Maar dit gebied met een zeer sterke gradient (8:1000) in de grondwaterstijghoogten valt buiten de aandacht in deze studie. De afwijking daar zal weinig invloed hebben op het stromingsbeeld in de aandachtsgebieden.

Veengebieden

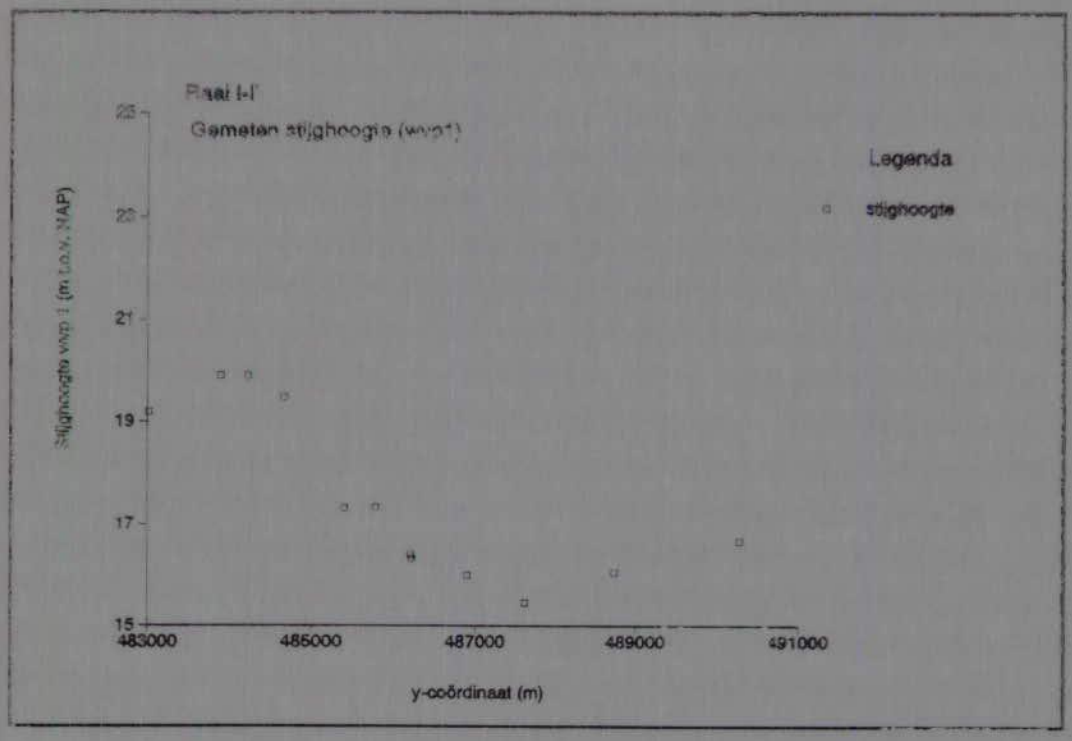
De stijghoogten die het stationaire model berekent, wijken in de veengebieden en directe omgeving gemiddeld 0,1 m af van de metingen; maximaal wijken ze 0,46 m af.

De afvoer van de Klaarbeek die het model stationair berekent (3,6 miljoen m^3/jaar), wijkt 12% af van de gemiddelde jaarafvoer die uit metingen is bepaald (4,1 miljoen m^3/jaar). Dit valt binnen het gestelde ijkingscriterium. Deze afvoer wordt in het model berekend met behulp van een deelwaterbalans. Het deelgebied is aangegeven in figuur 4.4, de deelwaterbalans in figuur 4.7a.

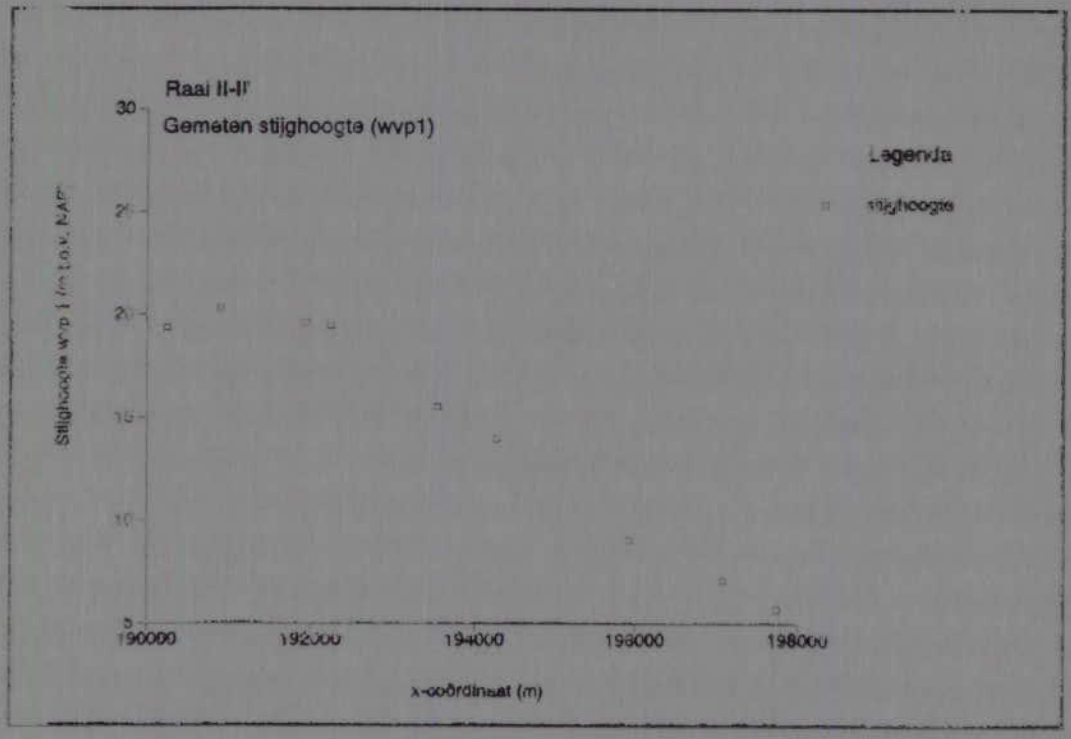
De kwelgebieden die het model berekent in de veengebieden stemmen goed overeen met de gebieden die zijn afgebakend op grond van (eco)hydrologische systeemanalyse (zie figuur 4.6 in bijlage 1 en zie ook deelrapport 2).

Omgeving van het pompstation

De stijghoogten die het model berekent in de directe omgeving van het pompstation komen minder goed overeen met de metingen. Langs een noord-zuid-as (parallel aan de stuwing)



Gemeten stijghoogten



Gemeten stijghoogten

Gemeten stijghoogte

Gemeten stijghoogte

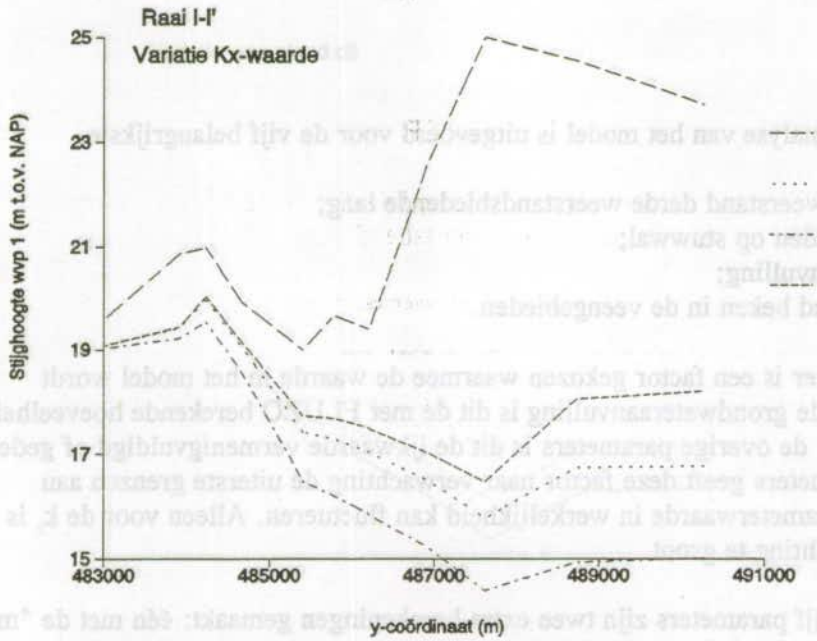
stijghoogten die in werkelijkheid worden gemeten ook in het model te simuleren. Met de beschikbare gegevens is het niet mogelijk om aan te geven waar en hoeveel er "gesleuteld" dient te worden. Het is dan ook niet zinnig geacht de ijking verder door te voeren.

Het model berekent stationair een 12% lagere afvoer van de Klaarbeek dan de gemiddelde afvoer die is gemeten in 1985. Deze afwijking valt binnen het gestelde ijkingscriterium. De laatste fase van de ijking is er vooral op gericht geweest de afvoer in het model te verhogen. Dit is gelukt tot de genoemde marge van 12% onder meer door het neerslagoverschot lokaal met ca. 10% te verhogen (dit is binnen de onzekerheidsmarge van 15%), door de k_x lokaal te verlagen en door de intreeweerstand van beken en sloten te verlagen. In het vrij afwaterende stroomgebied van de Klaarbeek hoeft een verschil tussen een stationair berekende afvoer (situatie met gemiddelde grondwaterstanden) en een gemiddelde gemeten afvoer echter niet te betekenen dat het model de werkelijkheid niet goed simuleert. Gezien de niet-lineaire relatie tussen grondwaterstanden en afvoer is het waarschijnlijk dat beide gemiddelden niet samenvallen. Hoeveel het verschil kan bedragen, is echter niet nauwkeurig vastgesteld.

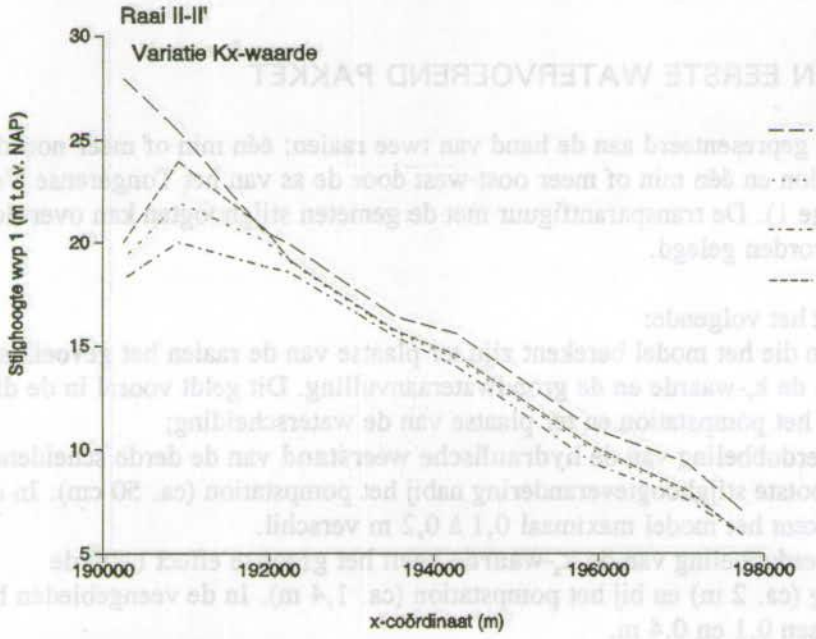
Hiervóór is gesteld dat een verdere verbetering van het ijkingsresultaat niet goed mogelijk is op grond van de beschikbare gegevens. Dit betekent echter niet dat IWACO zonder meer aanbeveelt om meer gegevens te verzamelen rond het Wisselse en Tongerense Veen. Want het is te verwachten dat een zeer dicht net van meetpunten nodig is om de locaties van inhomogeniteiten af te bakenen. En het is de vraag of de kosten van zo'n meetnet in verhouding staan met de meerwaarde.

Bij de ijking van een model gaat het om het simuleren van absolute grondwaterstanden en afvoeren. Maar in het verdere verloop van de studie wordt het geijkte model gebruikt voor verschilberekeningen. Het gaat erom te bepalen welk effect een bepaalde maatregel heeft en of de ene maatregel effectiever is dan de andere. Voor dergelijke berekeningen is het nu bereikte ijkingsresultaat naar verwachting voldoende. Om dit verifiëren en als aanvulling op de ijking is in een later stadium nog een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd ten aanzien van de berekende effecten (zie deelrapport 2). De ingreep met het grootste effect is hierbij nog eens doorgerekend met andere invoerwaarden voor k_x.

De effecten van maatregelen die het geijkte model berekent, moeten worden gezien als een richtwaarde. Het uiteindelijke effect van een maatregel zal vanwege de heterogeniteit van de bodemopbouw ook worden bepaald door de exacte locatie ten opzichte van inhomogeniteiten, iets waar in het model geen rekening mee wordt gehouden.



Figuur 10. Raai I-I'; variatie kx-waarde



Figuur 11 Raai II-II'; variatie k_x-waarde

- verdubbeling of halvering van de **intreeweerstand** van de beken in de veengebieden heeft alleen lokaal in de omgeving van de bewuste beken effect op de stijghoogten die het model berekent (maximaal ca. 0,1 m).

5.3 AFVOER VAN HET OPPERVLAKTEWATER

De gevoeligheid van de afvoer van het stroomgebied van de Klaarbeek die het model berekent, is inzichtelijk gemaakt aan de hand van tabel 5.1.

Tabel 5.1: Gevoeligheid berekende afvoer uit veengebieden

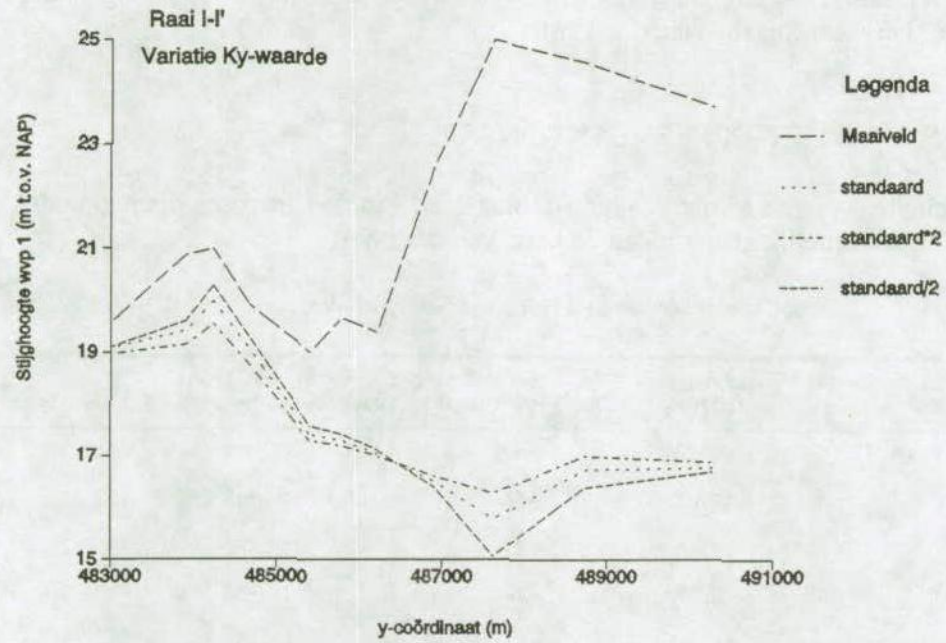
veranderde parameter	afvoer (m3/dag * 1000)	verandering t.o.v. uitgangsrun (% totaal)	(waarvan: % beken,	% topsysteem)
uitgangsrun	8,96	nvt	(nvt	nvt)
c3 * 2	10,08	+13	(+12	+13)
c3 / 2	7,06	-21	(-22	-21)
kx * 2	2,31	-74	(-88	-57)
kx / 2	14,04	+57	(+51	+64)
ky * 2	7,77	-13	(-10	-17)
ky / 2	9,38	+ 5	(-5	+17)
no * 1,1 (1)	11,52	+29	(+27	+31)
no * 0,9	6,63	-26	(-26	-26)
wint * 2 (2)	8,89	- 1	(-9	+9)
wint / 2	9,02	+ 1	(+5	-5)

(1) no = neerslagoverschot
(2) w_{int} = intreeweerstand beken in de veengebieden

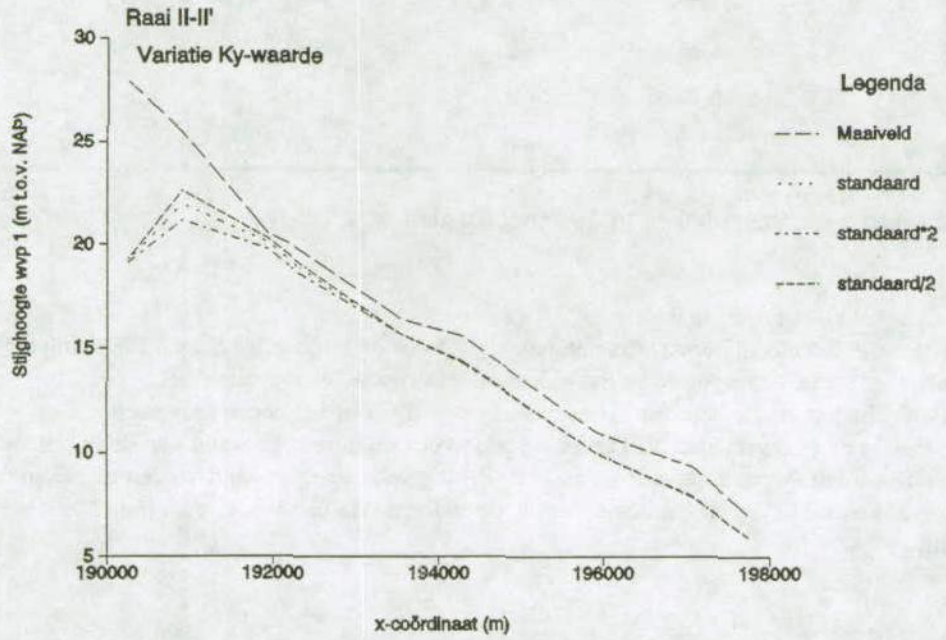
Uit de tabel is het volgende af te leiden:
- de afvoer die het model berekent is het gevoeligst voor de k_x-waarde. Bij verdubbeling daalt het grondwaterniveau waardoor de beken in het model vrijwel "droogvallen".
- de afvoer die het model berekent, is eveneens gevoelig voor het neerslagoverschot.
- de afvoer in de veengebieden blijkt niet gevoelig voor de intreeweerstand van de beken. Wel is het zo dat de verdeling van de afvoer veranderd. Bij lagere intreeweerstand voeren de beken (apart in het model) relatief meer af ten koste van de kavelsloten (via een topsysteem in het model gebracht).

5.4 EVALUATIE

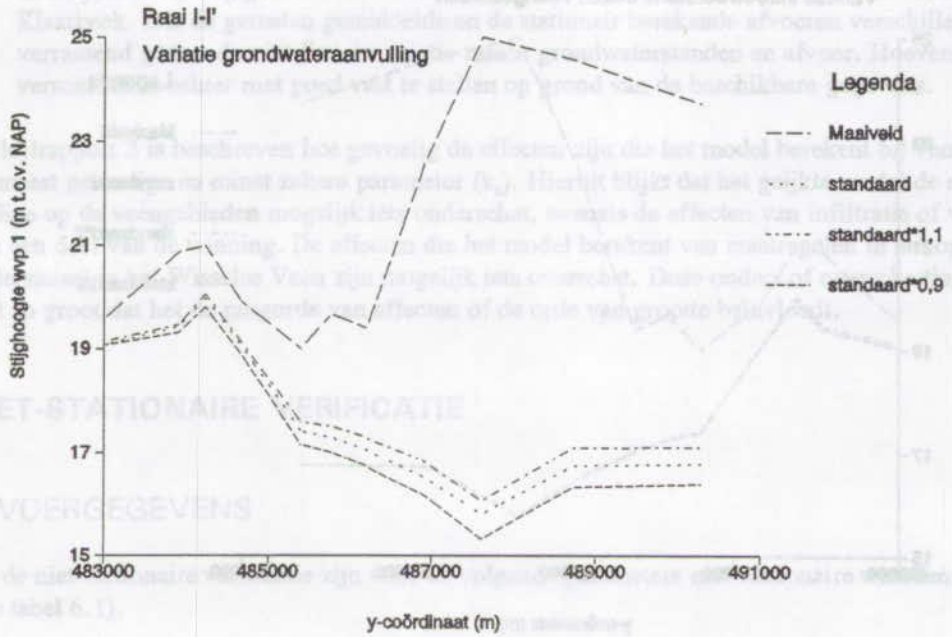
Uit de gevoeligheidsanalyse blijkt:
- dat het model het **gevoeligst** is voor de k_x-waarde en de grondwateraanvulling en dat de stijghoogten in het model vooral in de omgeving van het pompstation en ter plaatse van de waterscheiding sterk reageren op veranderingen in de invoerparameters;
- dat de **afvoer** vanuit de veengebieden in het model sterk reageert (fluctuaties van meer dan 70%) op veranderingen in neerslagoverschot en k_x-waarde.



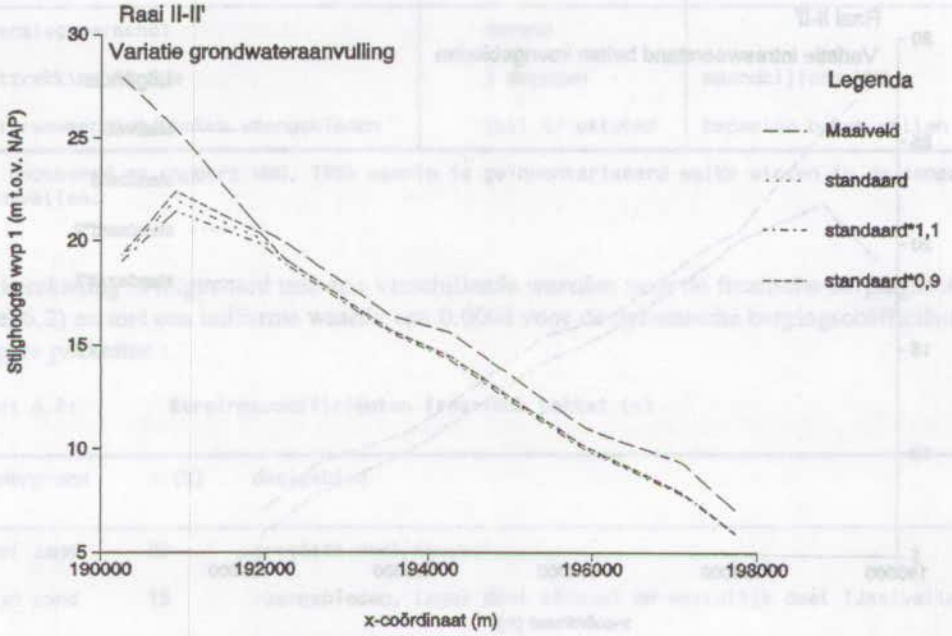
Figuur 12 Raai I-I'; variatie k_y-waarde



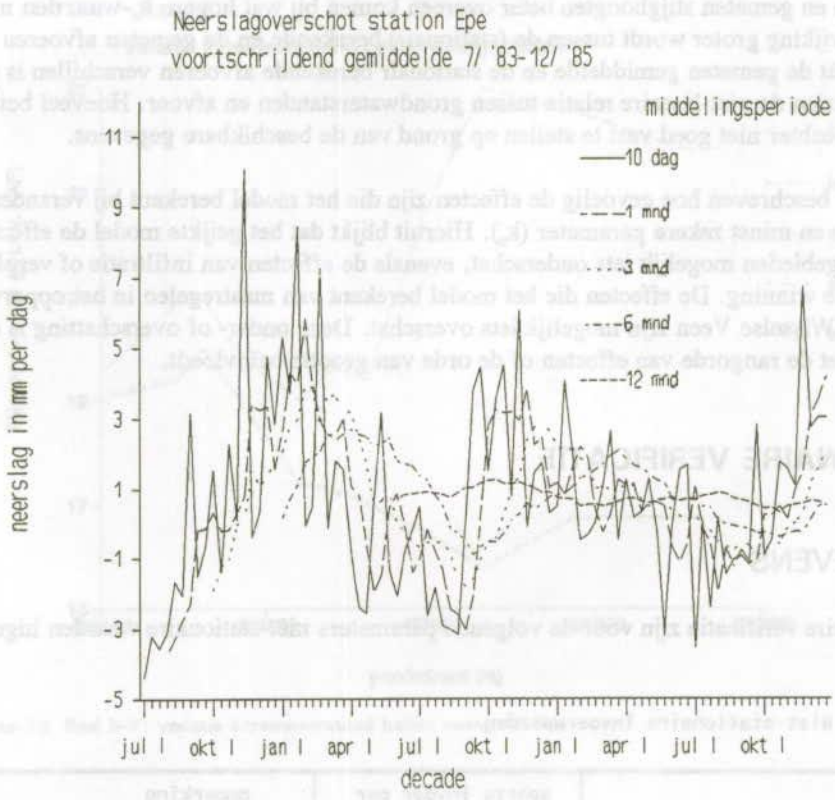
Figuur 13 Raai II-II'; variatie k_y-waarde



Figuur 14 Raai I-I'; variatie neerslagoverschot



Figuur 15 Raai II-II'; variatie neerslagoverschot



Figuur 19 Afvlakking van fluctuaties in het neerslagoverschot (Epe)

men (GT 2 en 3) niet zijn meegenomen in het model. Het zou niet reëel zijn de waarden in de toplaag toe te kennen aan het hele freatische pakket. Voor de verificatie van tijd-stijghoogtelijnen speelt dit ook geen rol gezien het feit dat alle beschikbare peilbuizen filters hebben in het zandpakket en niet in de deklaag.

6.2 NEERSLAGOVERSCHOT

In hoofdstuk 2 is toegelicht hoe de vertraging tussen neerslag en grondwateraanvulling is verwerkt in het stationaire model in delen van het gebied met een dikke onverzadigde zone (meer dan 3 meter). Bij de niet-stationaire berekening is ook rekening gehouden met afvlakking.

Neerslagpieken worden afgevlakt/uitgemiddeld bij transport door een dikke onverzadigde zone. Hiermee is rekening gehouden bij de invoer van de grondwateraanvulling. De periode waarover moet worden gemiddeld is geschat door de fluctuatie in gemeten stijghoogten te vergelijken met die in voortschrijdende gemiddelden van de grondwateraanvulling. (Die fluctuatie wordt kleiner naarmate over een langere periode wordt gemiddeld). Deze benadering gaat uit van de simplificatie dat de fluctuatie in de stijghoogte volledig wordt bepaald door fluctuaties in de neerslag.

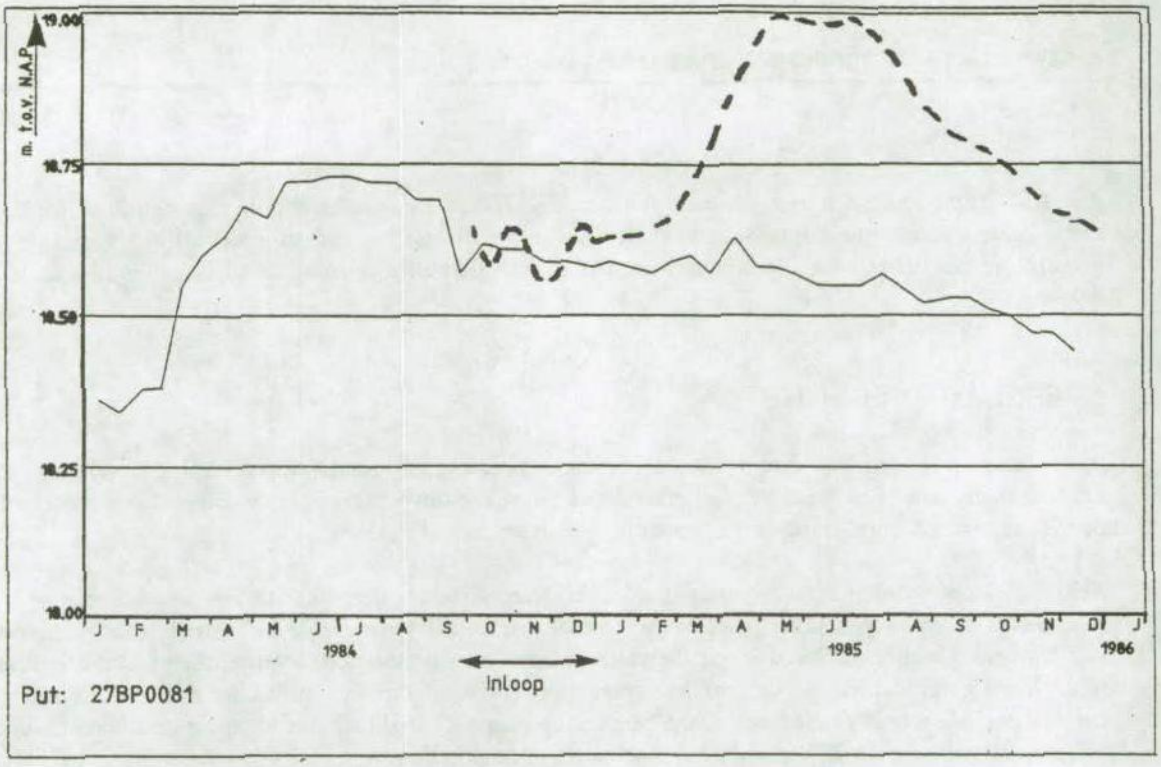
De fluctuatie van het neerslagoverschot bij verschillende afvlakkingsperioden wordt geïllustreerd door figuur 19. Het betreft hier het globaal berekende neerslagoverschot (neerslag minus potentiële verdamping), niet de FLUZO-berekening.

Uit de tijd-stijghoogtelijnen die worden gemeten in deelgebieden met een dikke onverzadigde zone - bijvoorbeeld 19 meter ter plaatse van waarnemingsput 27BP0081 (figuur 18b) - blijkt dat een sterke afvlakking optreedt. Mogelijk moeten de neerslagfluctuaties daar worden gemiddeld over een periode van 1 jaar om met het model de geringe fluctuaties in de tijd-stijghoogtelijn te berekenen die worden gemeten. Ter illustratie is in figuur 19 het neerslagoverschot uitgezet, waarbij de fluctuaties steeds over een langere periode worden uitgemiddeld; bij uitmiddeling over 1 jaar fluctueert het neerslagoverschot nog hooguit 10%.

Het afvlakken/uitmiddelen van de uitvoergegevens uit FLUZO is zeer bewerkelijk. Vanwege beperkingen aan hard- en software is het niet mogelijk om over een periode langer dan 7 decaden uit te middelen (bijna 2,5 maanden). Uitmiddelen over een periode van 1 jaar is dus technisch niet goed mogelijk. Om toch enige afvlakking in het model te verwerken is de volgende driedeling toegepast: een zone zonder afvlakking, een zone met afvlakking over een periode van 3 decaden en een zone met afvlakking over een periode van 7 decaden.

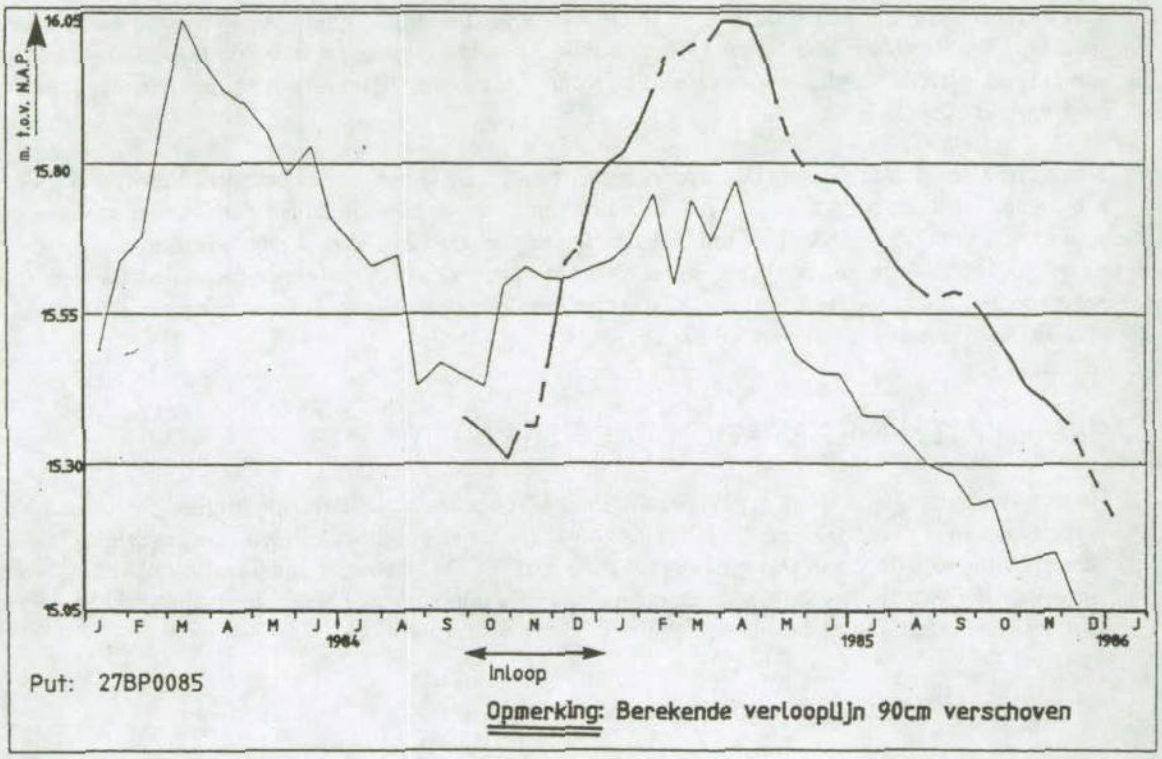
6.3 RESULTATEN NIET-STATIONAIRE VERIFICATIE

De niet-stationaire berekening is geverifieerd door berekende en gemeten tijd-stijghoogtelijnen te vergelijken. In figuur 18a, b en c zijn zes representatieve tijd-stijghoogtelijnen weergegeven. De gemeten lijn loopt door van januari 1984 tot januari 1986. De berekende lijn van 1 oktober 1984 tot 1 januari 1986 (waarbij de eerste drie maanden dienen als inloopperiode). Onderstaande tabel geeft de stamgegevens weer van de bewuste peilbuizen.



——— Gemeten verloop

– – – – – Berekende verloop



——— Gemeten verloop

——— – – – Berekende verloop

Figuur 18a. Tijd-stijghoogtelijnen (niet stationaire berekening 1985 versus metingen)

Tabel 4.3: Stamgegevens peilbuizen stationaire verificatie

peilbuisnr (IGG/TNO)	maaiveldhoogte (m t.o.v. NAP)	filterdiepte (m t.o.v. NAP)	dikte onverzadigde zone (m)	grondwatertrap (STIBOKA, '78)
27BP0081	37.6	ca. 14	ca. 19	7*
27BP0085	25.7	ca. 9	ca. 10	7*
27DP0046	17.9	ca. 3	ca. 5	7*
27DP0092	18.9	ca. 13	ca. 1.5	6
27DP0094	15.9	ca. 11	ca. 1.3	6
27DP0099	17.7	ca. 8	ca. 3	7*

De algemene tendens is dat de berekende en gemeten fluctuaties door het jaar heen:
- redelijk overeenstemmen rondom de veengebieden (zie 27DP0092 en 27DP0094). Bij deze putten is geen vertraging ingevoerd en geen uitdemping;
- redelijk overeenstemmen rondom het pompstation (punten met een onverzadigde zone van ca. 10 m zoals 27BP0085, met een vertraging van 2 maanden en een afvlakking van 3 decaden). De berekende seizoensfluctuatie is hier echter al groter dan de gemeten. De afvlakking van het neerslagoverschot is in werkelijkheid waarschijnlijk groter dan in het model;
- slecht overeenstemmen in putten met een onverzadigde zone van ca. 20 m (27BP0081, waar een vertraging is ingevoerd van 5 maanden en een afvlakking van 7 decaden). De afvlakking van de neerslagpieken is in het model veel geringer dan in werkelijkheid. In deze zone levert afvlakking over een periode van circa 1 jaar naar verwachting betere resultaten op.

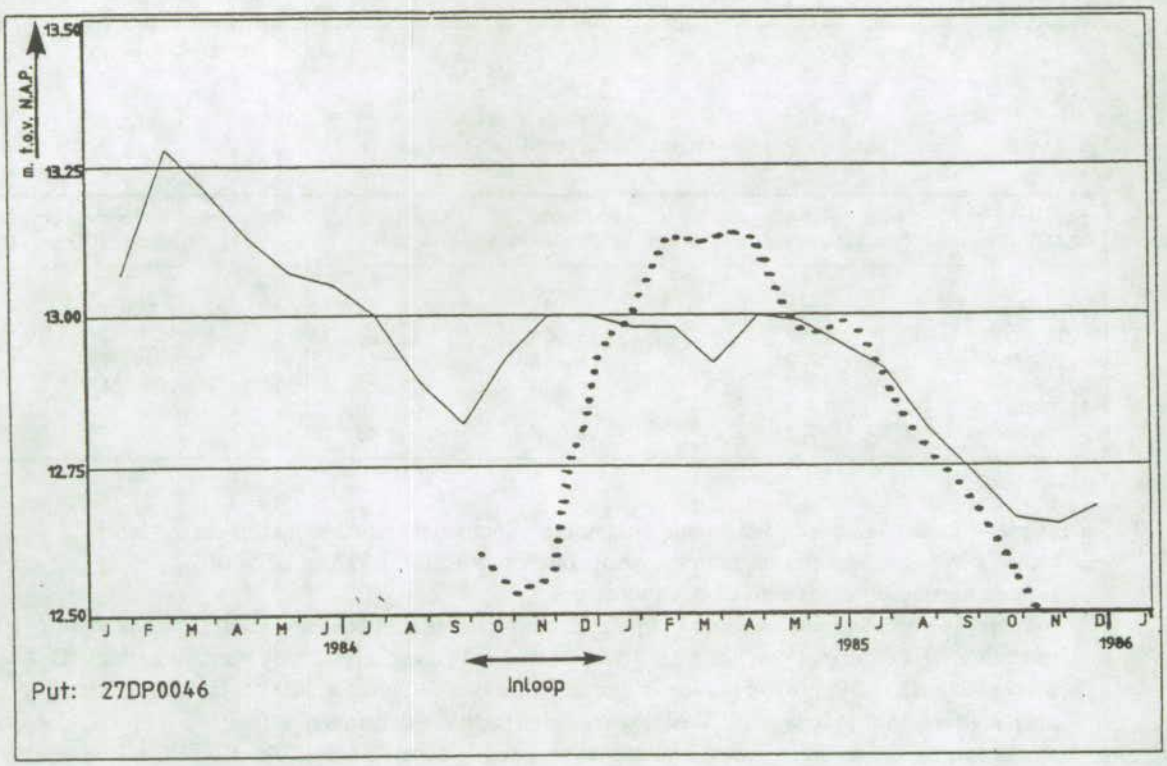
Met name bij de putten 27DP0046 en 27DP0099 (vertraging 2 maanden en afvlakking over 3 decaden) is het verschijnsel waar te nemen dat de stijghoogten in het voorjaar dalen terwijl een stijging wordt berekend. Dit is mogelijk het gevolg van de vorstperiode (zie ook 2.3)

De overige tijdstijghoogtelijnen die hier niet zijn gepresenteerd, komen alle overeen met een van de voorbeelden uit figuur 18a en b.

6.4 EVALUATIE

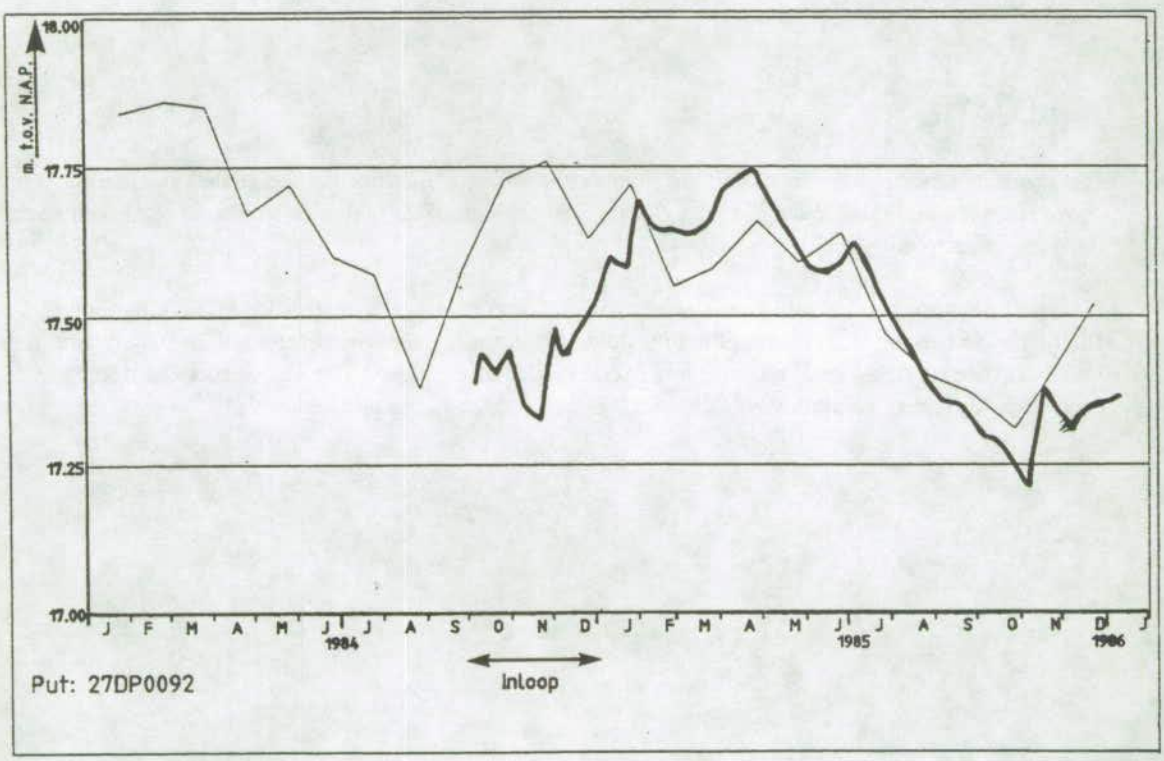
Het resultaat ten aanzien van de tijd-stijghoogtelijnen is redelijk voor de deelgebieden waar de onverzadigde zone minder dan 5 meter dik is. De bergingscoëfficiënten en vertragingen lijken voor deze gebieden goed geschat.

Het resultaat voor de deelgebieden met een dikkere onverzadigde is matig. De afvlakking van de fluctuaties in het neerslagoverschot is hier duidelijk te gering. Om praktische redenen (bewerkelijkheid van de invoer) is deze onnauwkeurigheid in het model geaccepteerd. De strook met een dikke onverzadigde zone - rond de waterscheiding - staat in deze studie niet centraal.



——— Gemeten verloop

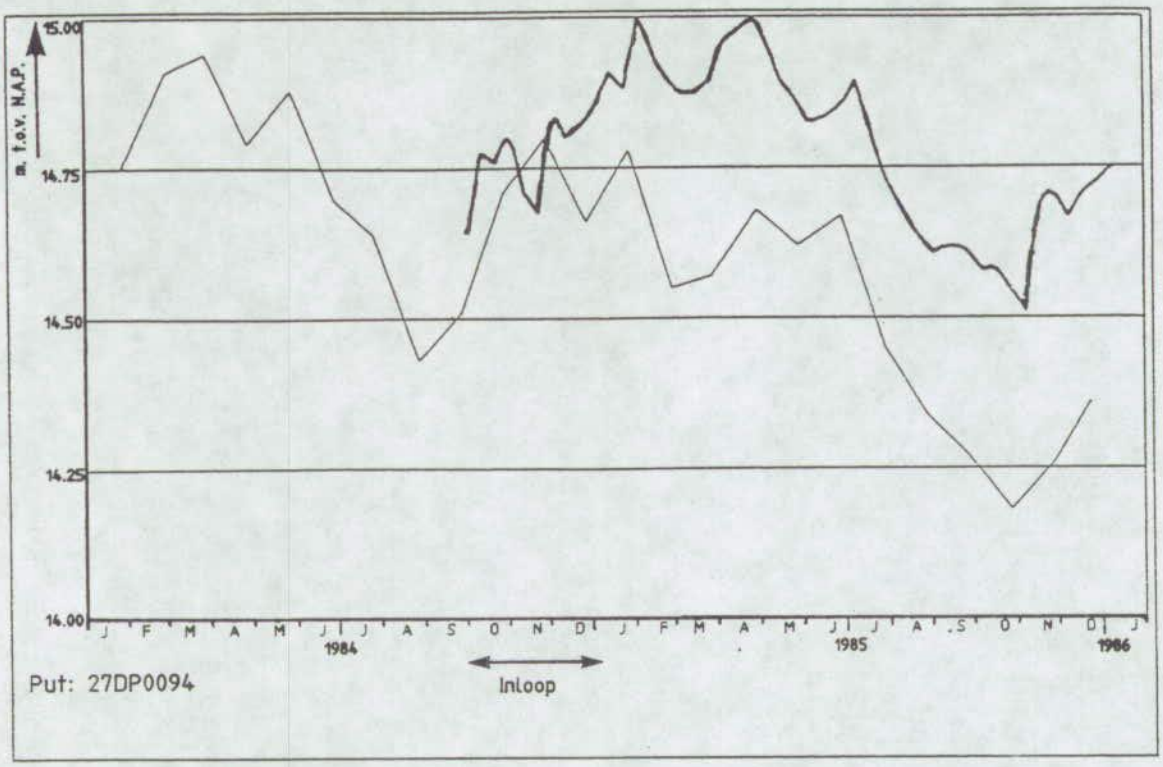
-.-.-.-.-.- Berekende verloop



——— Gemeten verloop

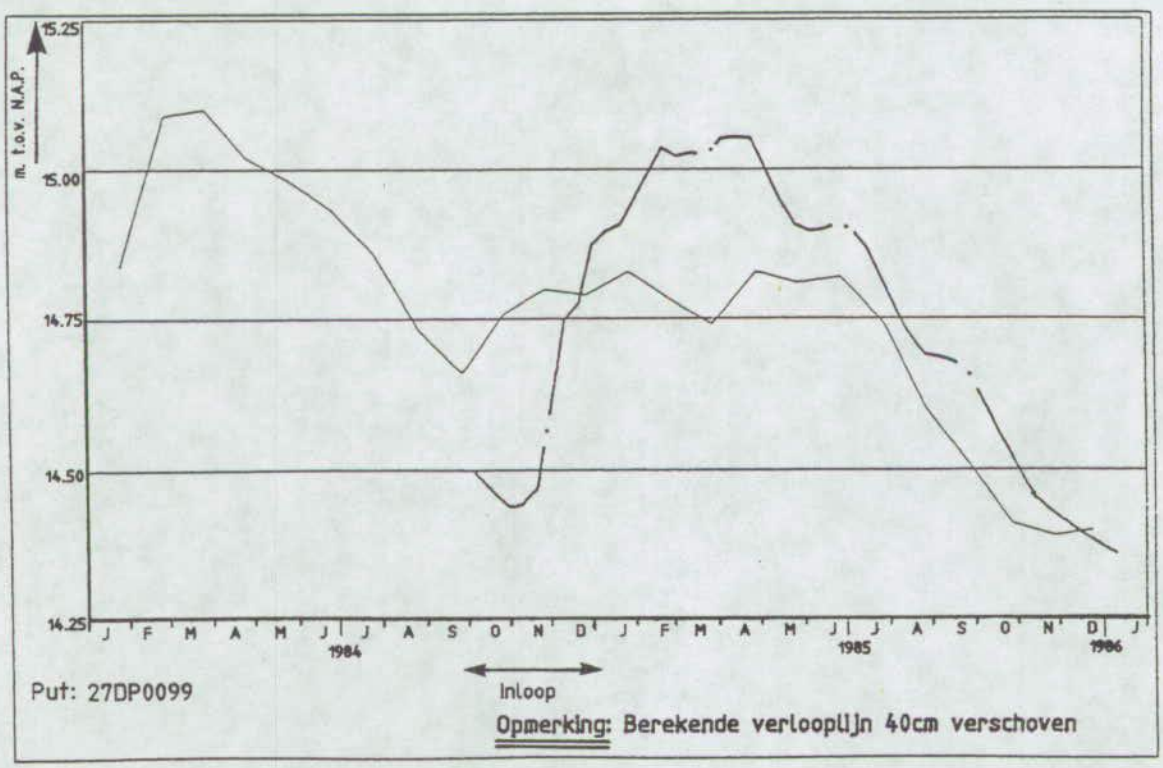
——— Berekende verloop

Figuur 18b. Tijd-stijghoogtelijnen (niet stationaire berekening 1985 versus metingen)



——— Gemeten verloop

——— Berekende verloop



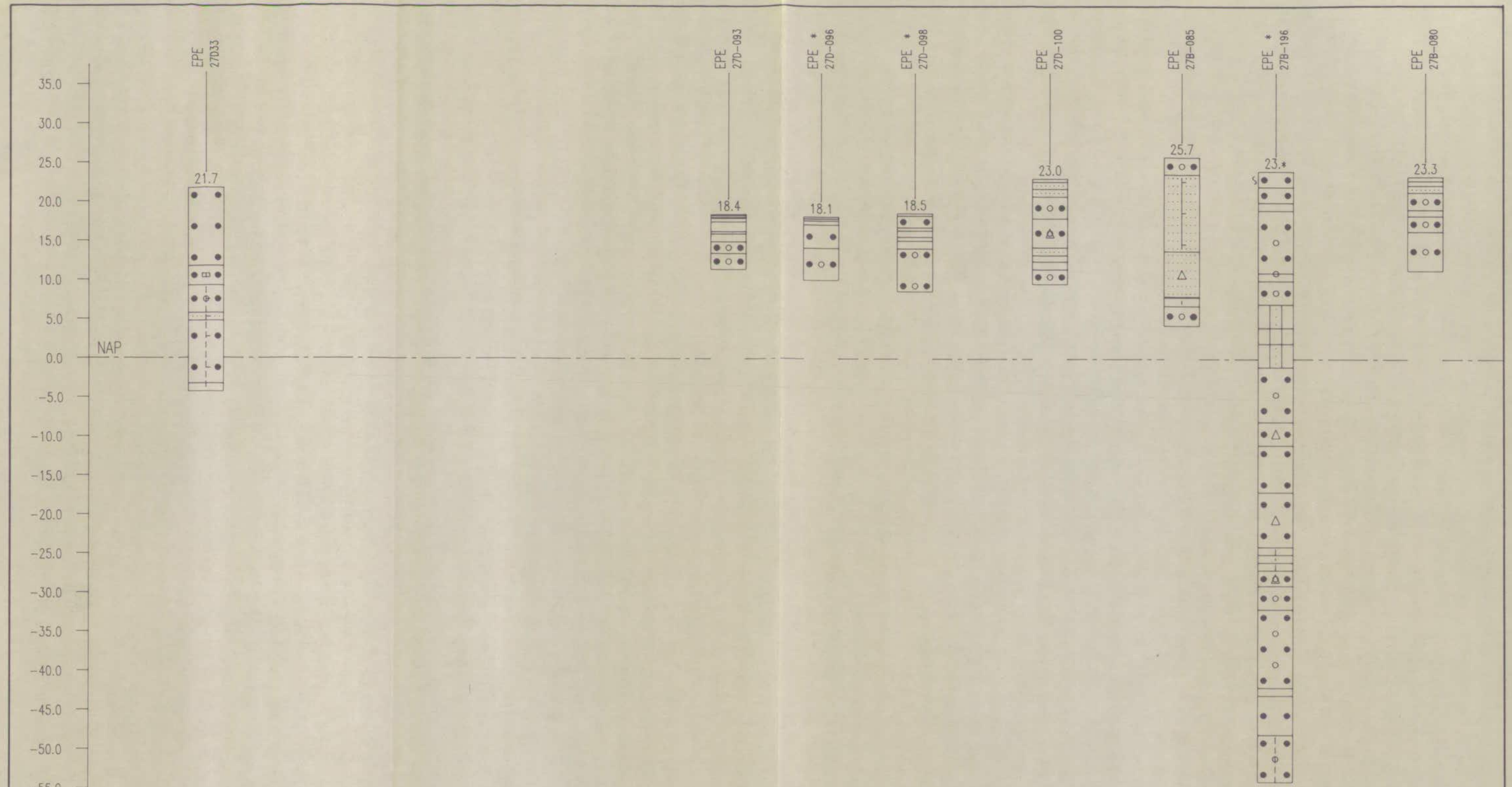
——— Gemeten verloop

——·——·—— Berekende verloop

Figuur 18c. Tijd-stijghoogtelijnen (niet stationaire berekening 1985 versus metingen)

BIJLAGE 1

Figuren

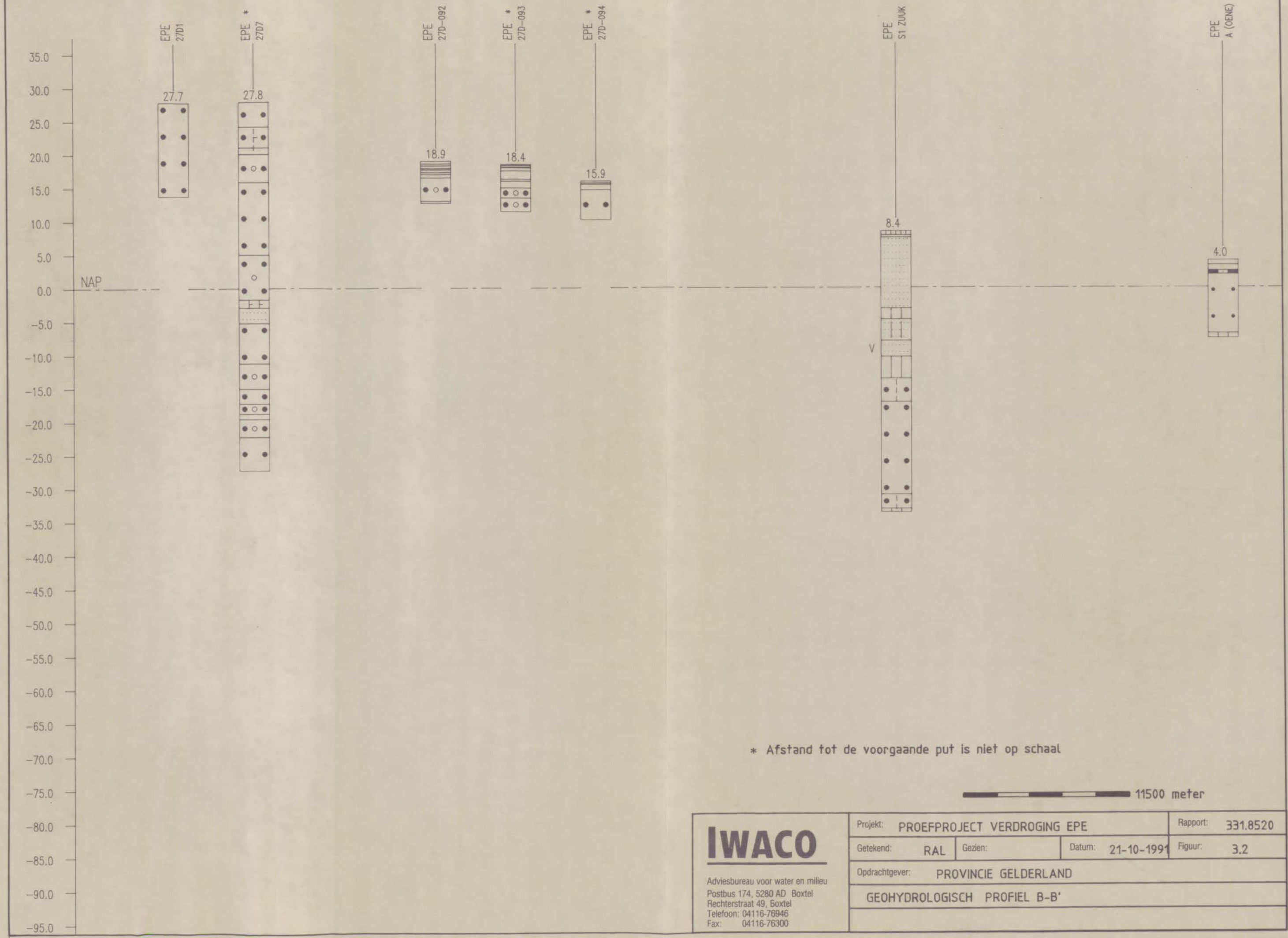


* Afstand tot de voorgaande put is niet op schaal

11500 meter

IWACO
Adviesbureau voor water en milieu
Postbus 174, 5280 AD Boxtel
Rechterstraat 49, Boxtel
Telefoon: 04116-76946
Fax: 04116-76300

Projekt: PROEFPROJECT VERDROGING EPE				Rapport: 331.8520
Getekend: RAL	Gezien:	Datum: 21-10-1991		Figuur: 3.3
Opdrachtgever: PROVINCIE GELDERLAND				
GEOHYDROLOGISCH PROFIEL C-C'				

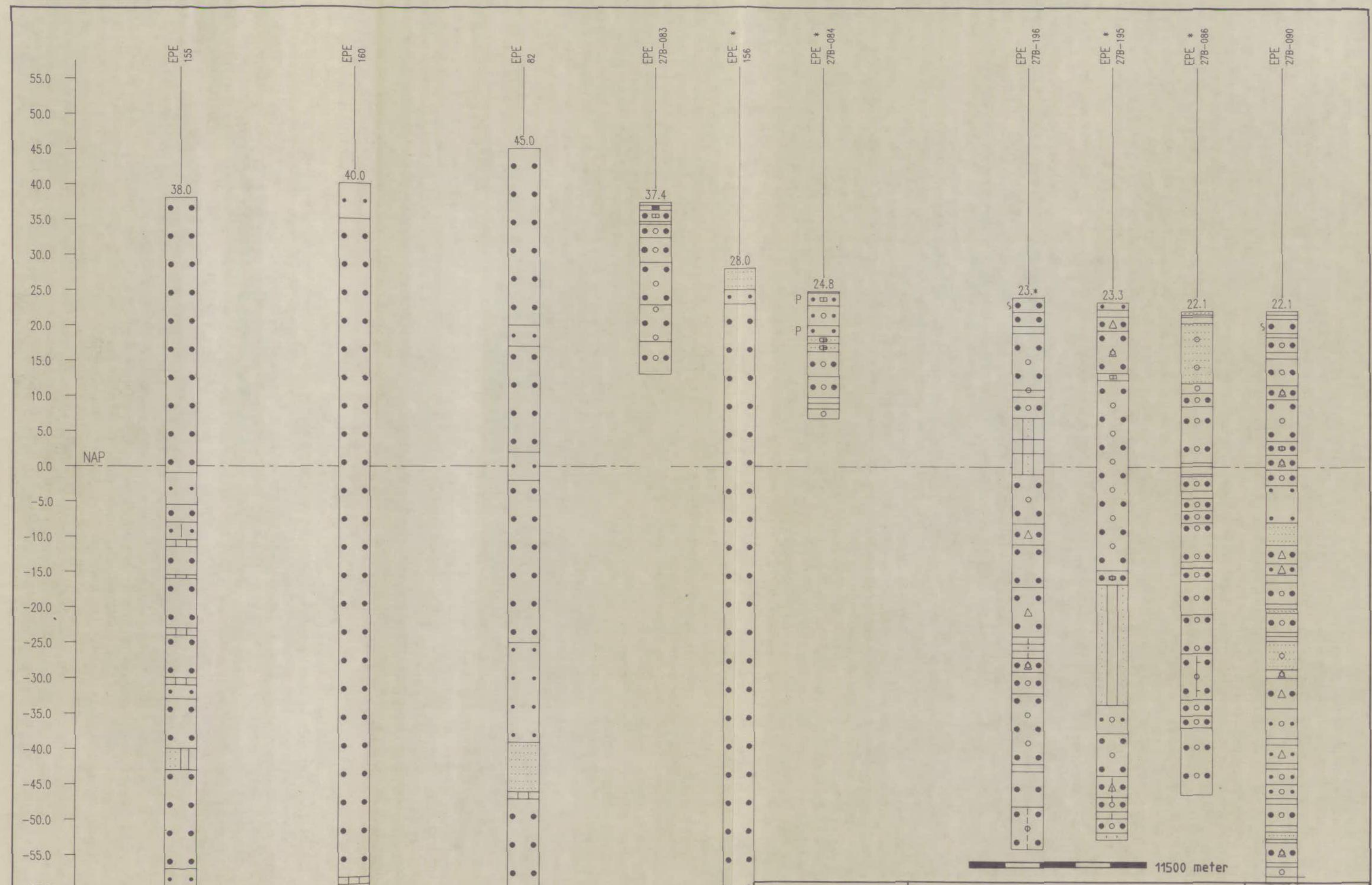


* Afstand tot de voorgaande put is niet op schaal

11500 meter

IWACO
Adviesbureau voor water en milieu
Postbus 174, 5280 AD Boxtel
Rechterstraat 49, Boxtel
Telefoon: 04116-76946
Fax: 04116-76300

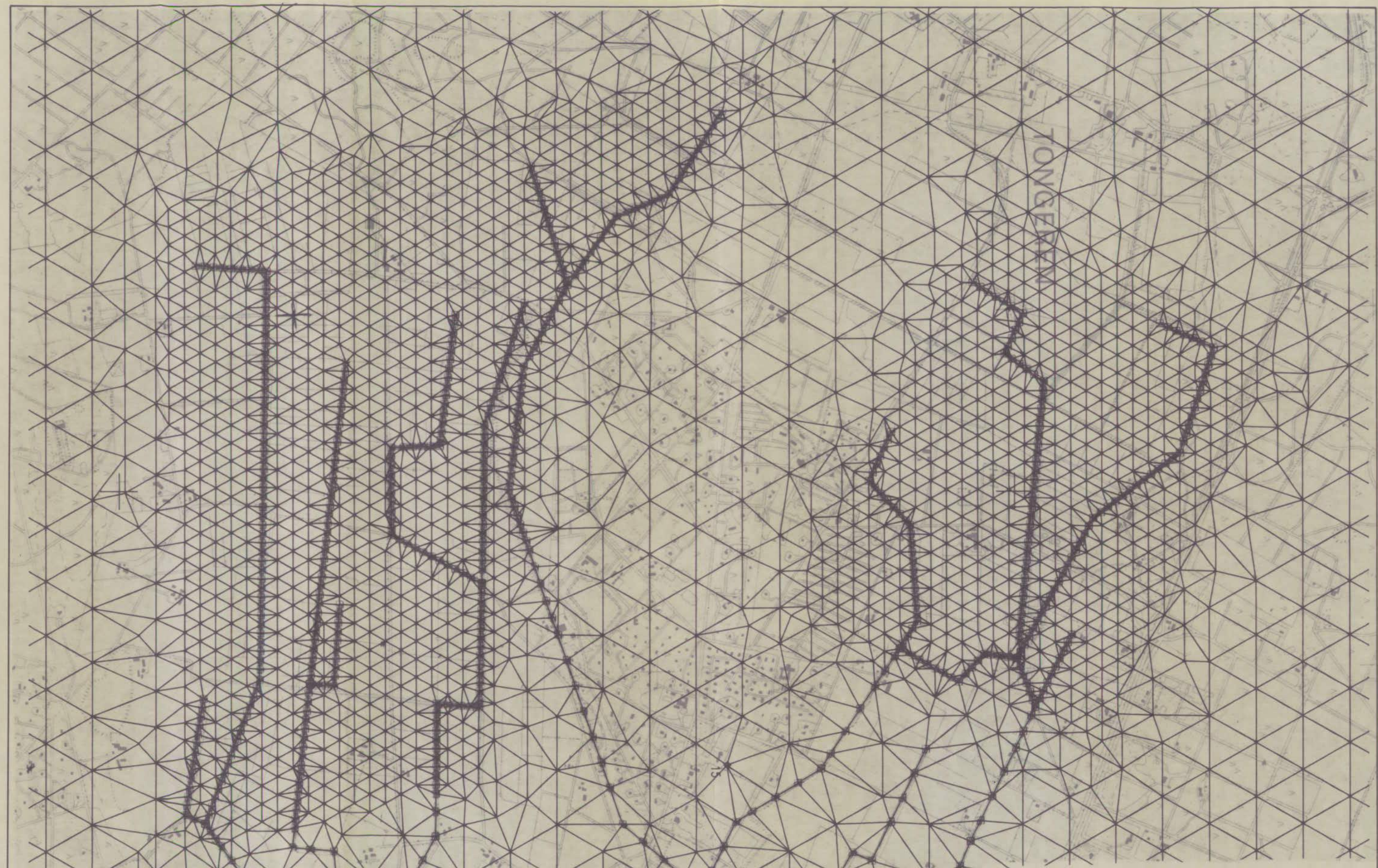
Projekt: PROEFPROJECT VERDROGING EPE				Rapport:	331.8520
Getekend: RAL	Gezien:	Datum: 21-10-1991		Figuur:	3.2
Opdrachtgever: PROVINCIE GELDERLAND					
GEOHYDROLOGISCH PROFIEL B-B'					



* Afstand tot voorgaande put is niet op schaal

IWACO
Adviesbureau voor water en milieu
Postbus 174, 5280 AD Boxtel
Rechterstraat 49, Boxtel
Telefoon: 04116-76946
Fax: 04116-76300

Projekt: PROEFPROJECT VERDROGING EPE				Rapport: 331.8520
Getekend: RAL	Gezien:		Datum: 21-10-1991	Figuur: 3.1
Opdrachtgever: PROVINCIE GELDERLAND				
GEOHYDROLOGISCH PROFIEL A-A'				



IWACO
Adviesbureau voor water en milieu
Postbus 174, 5280 AD Boxtel
Rechterstraat 49, Boxtel
Telefoon: 04116-76946
Fax: 04116-76300

Projekt: PROEFPROJECT VERDROGING EPE				Rapport: 331.8520
Getekend: RAL	Gezien:		Datum: 21-10-1991	Figuur: 2.3a
Opdrachtgever: PROVINCIE GELDERLAND				
NETWERK GRONDWATERSTROMINGSMODEL : DETAIL VEENGEBIEDEN				

LEGENDA:

Modelelement met knooppunten

Hoofdwatergang met knooppunten

Onttrekkingsknoop met knoopnummer

490000.

487500.

485000.

482500.

190000.

192500.

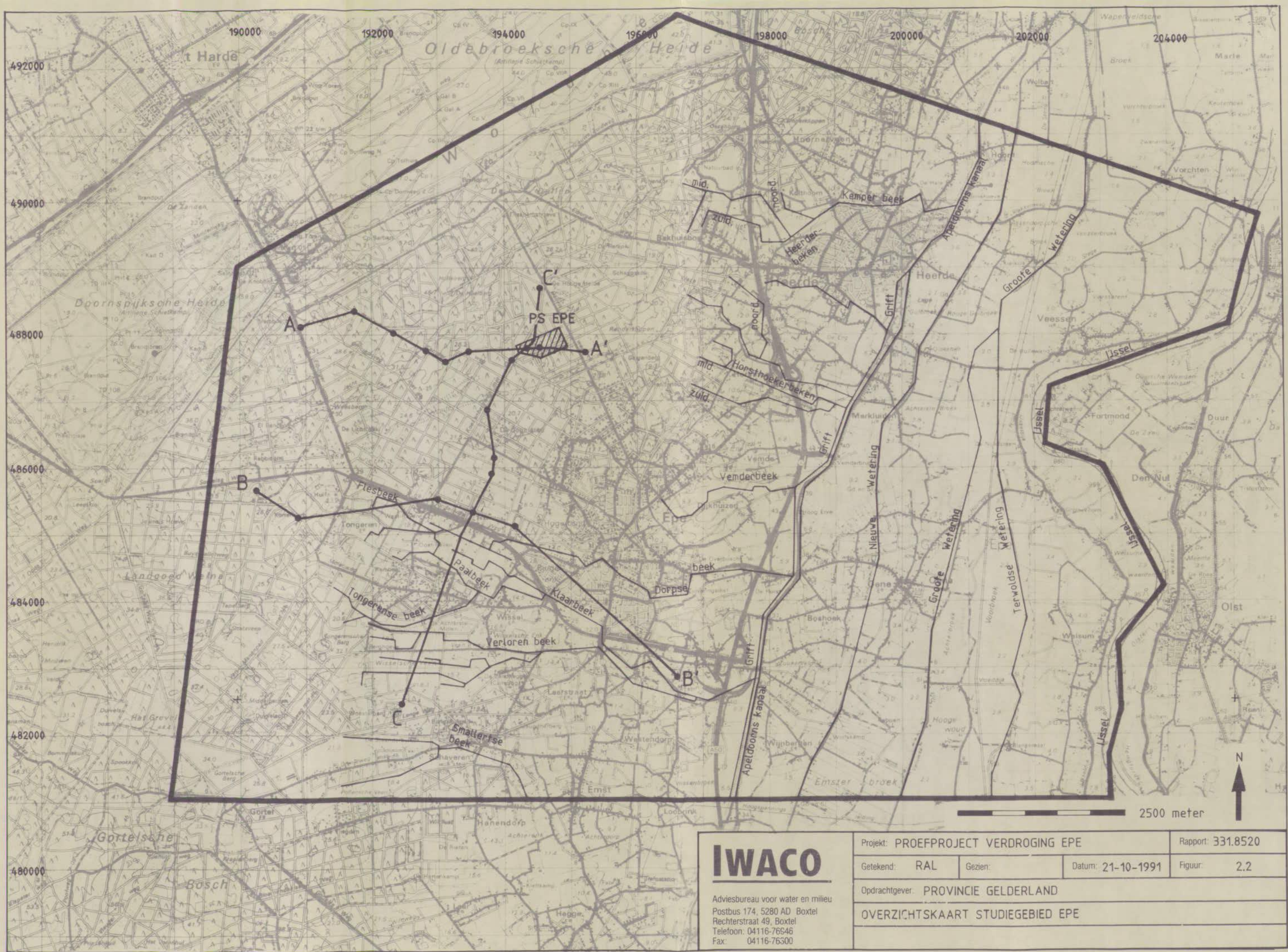
195000.

197500.

2500 meter

N

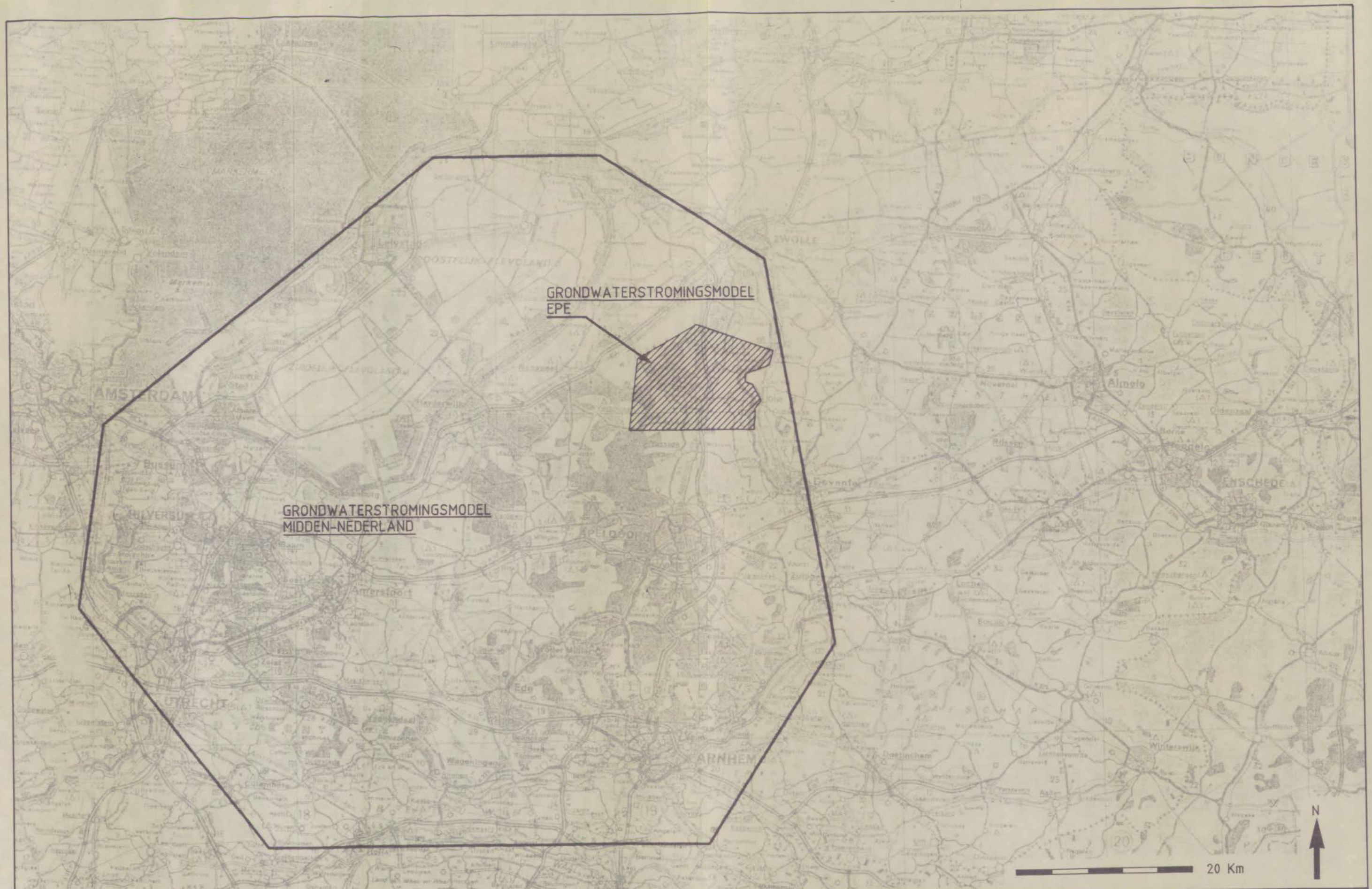
IWACO	Projekt: PROEFPROJECT VERDROGING EPE			Rapport: 331.8520
Adviesbureau voor water en milieu Postbus 174, 5280 AD Boxtel Rechterstraat 49, Boxtel Telefoon 04116-76946 Fax 04116-76300	Getekend: RAL	Gezien:	Datum: 21-10-1991	Figuur: 2.3
	Opdrachtgever: PROVINCIE GELDERLAND			
	NETWERK GRONDWATERSTROMINGSMODEL EPE			



IWACO

Adviesbureau voor water en milieu
Postbus 174, 5280 AD Boxtel
Rechterstraat 49, Boxtel
Telefoon: 04116-76546
Fax: 04116-76300

Projekt: PROEFPROJECT VERDROGING EPE			Rapport: 331.8520
Getekend: RAL	Gezien:	Datum: 21-10-1991	Figuur: 2.2
Opdrachtgever: PROVINCIE GELDERLAND			
OVERZICHTSKAART STUDIEGEBIED EPE			



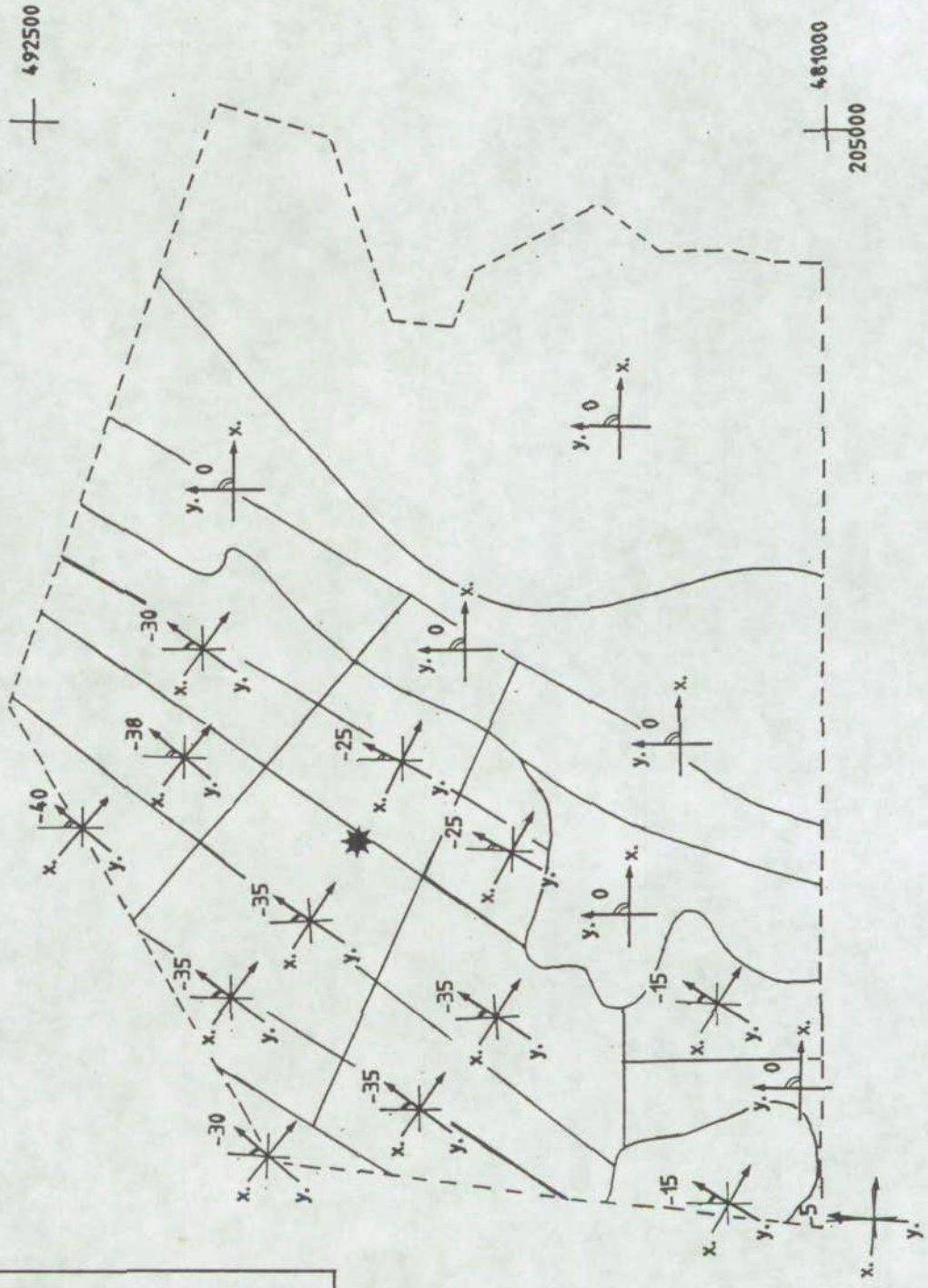
IWACO

Adviesbureau voor water en milieu
Postbus 174, 5280 AD Boxtel
Rechterstraat 49, Boxtel
Telefoon 04116-76946
Fax 04116-76300

Projekt: PROEFPROJECT VERDROGING EPE			Rapport: 331.8520
Getekend: RAL	Gezien:	Datum: 21-10-1991	Figuur: 2.1
Opdrachtgever: PROVINCIE GELDERLAND			
GRENZEN REGIONAAL MODEL MIDDEN-NEDERLAND EN WINDOWMODEL EPE			

IWACO
Adviesbureau voor water en milieu
Postbus 174, 5280 AD Boxtel
Rechterstraat 49, Boxtel
Telefoon: 04116-76946
Fax: 04116-76300

Projekt: PROEFPROJECT VERDROGING EPE				Rapport: 331.8520
Getekend: RAL	Gezien:	Datum: 21-10-1991		Figuur: 3.5a
Opdrachtgever: PROVINCIE GELDERLAND				
DIKTE DEKLAAG : DETAIL VEENGEBIEDEN (IN M)				



LEGENDA:

-35 — Verdraaing assenstelsel van 35° ten behoeve van de anisotropie

0 — Geen verdraaing van het assenstelsel ten behoeve van anisotropie

Pompstation Epe

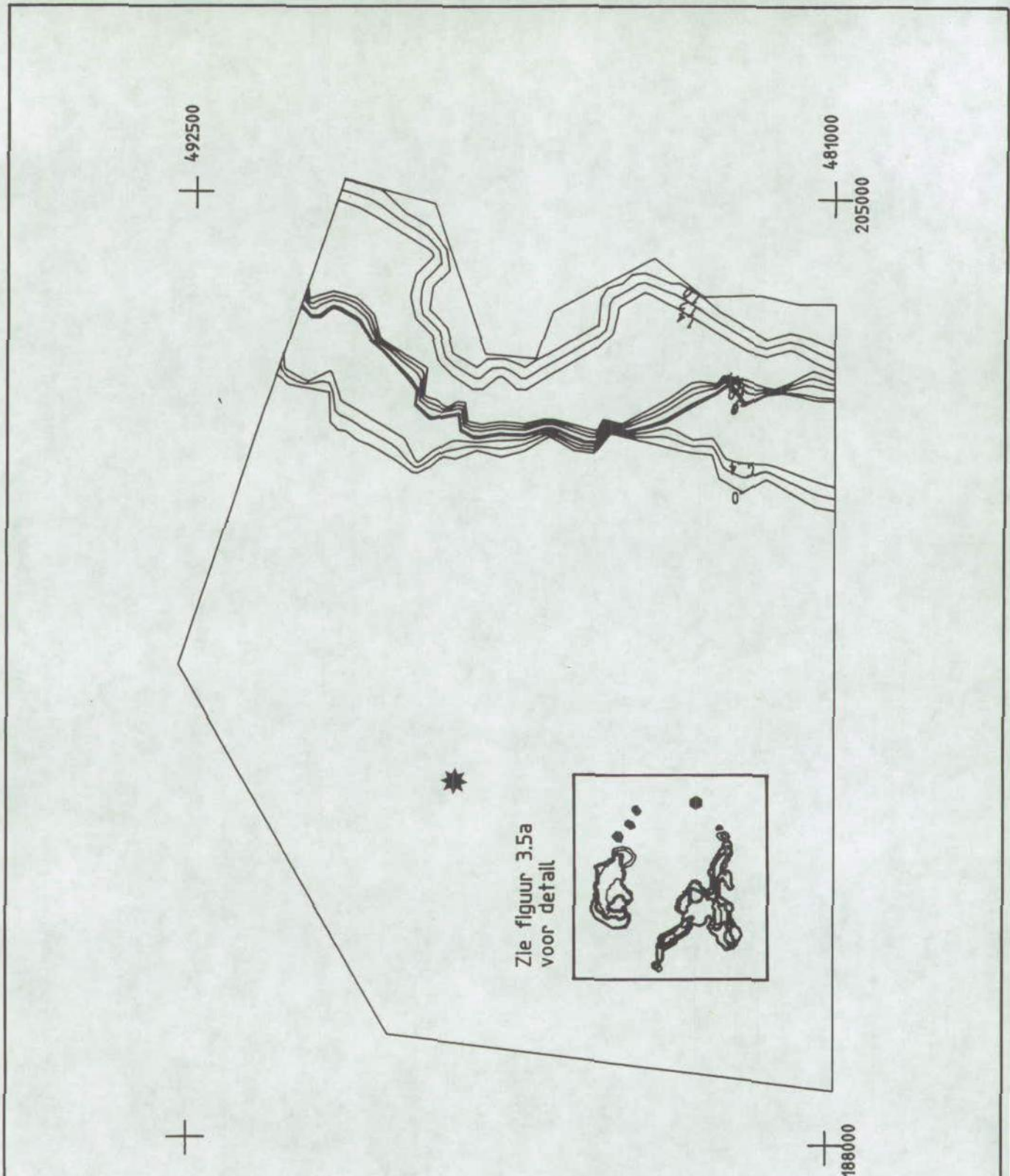
5 Km

N

IWACO

Adviesbureau voor water en milieu
Postbus 174, 5280 AD Boxtel
Rechterstraat 49, Boxtel
Telefoon: 04116-78946
Fax: 04116-78300

Projekt: PROEFPROJECT VERDROGING EPE				Rapport: 331.8520
Getekend: RAL	Gezien:		Datum: 21-10-1991	Figuur: 3.4
Opdrachtgever: PROVINCIE GELDERLAND				
STUWING (X- EN Y-RICHTING) IN MODELGEBIED				



LEGENDA:

Niveaulijn (in m) t.o.v. N.A.P.

Pompstation Epe

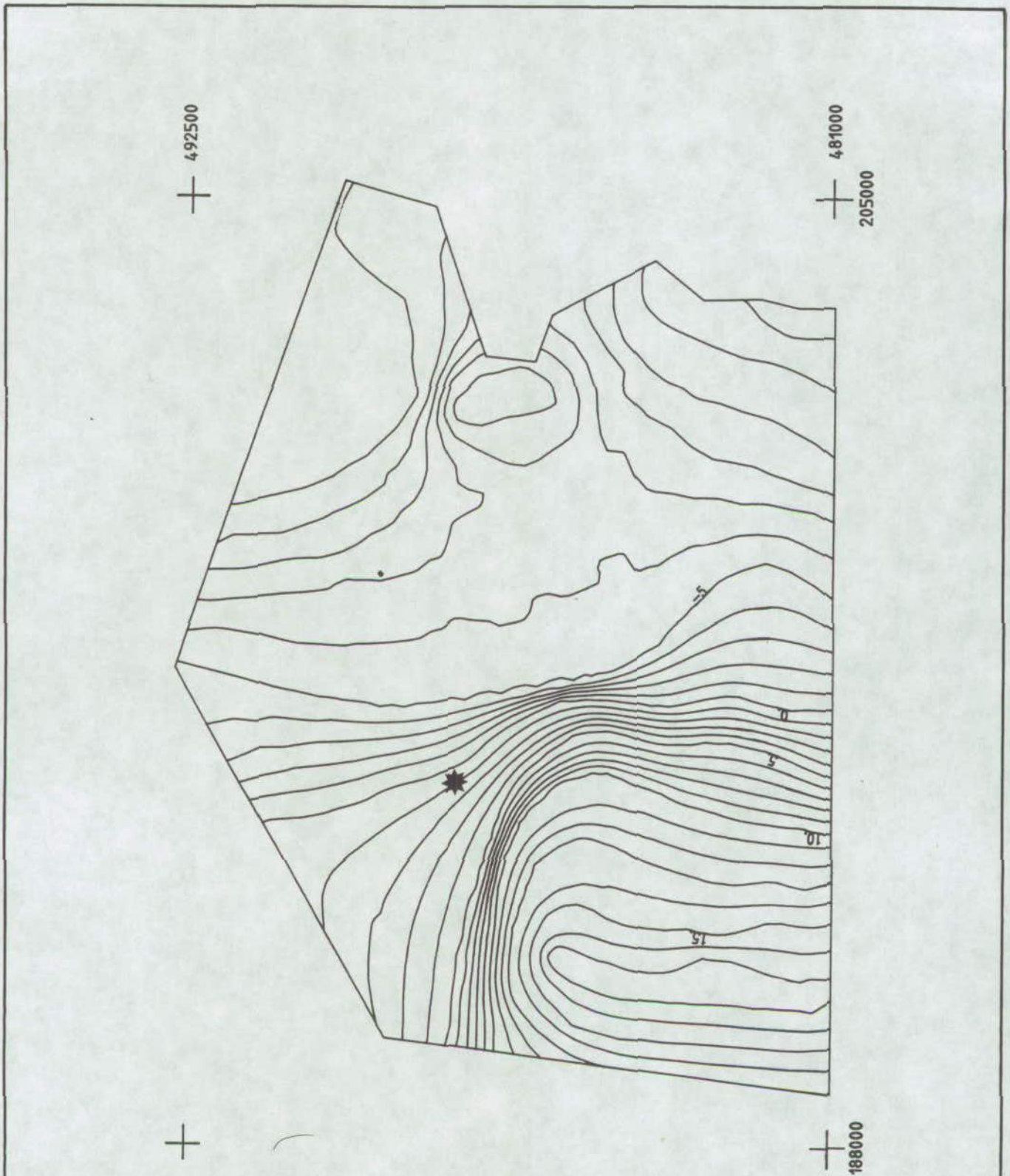
5 Km

N

IWACO

Adviesbureau voor water en milieu
Postbus 174, 5280 AD Boxtel
Rechterstraat 49, Boxtel
Telefoon: 04116-76946
Fax: 04116-76300

Projekt: PROEFPROJECT VERDROGING EPE				Rapport: 331.8520
Getekend: RAL	Gezien:		Datum: 21-10-1991	Figuur: 3.5
Opdrachtgever: PROVINCIE GELDERLAND				
DIKTE DEKLAAG (IN M)				



LEGENDA:

15 Niveaulijn (in m) t.o.v. N.A.P.

Pompstation Epe

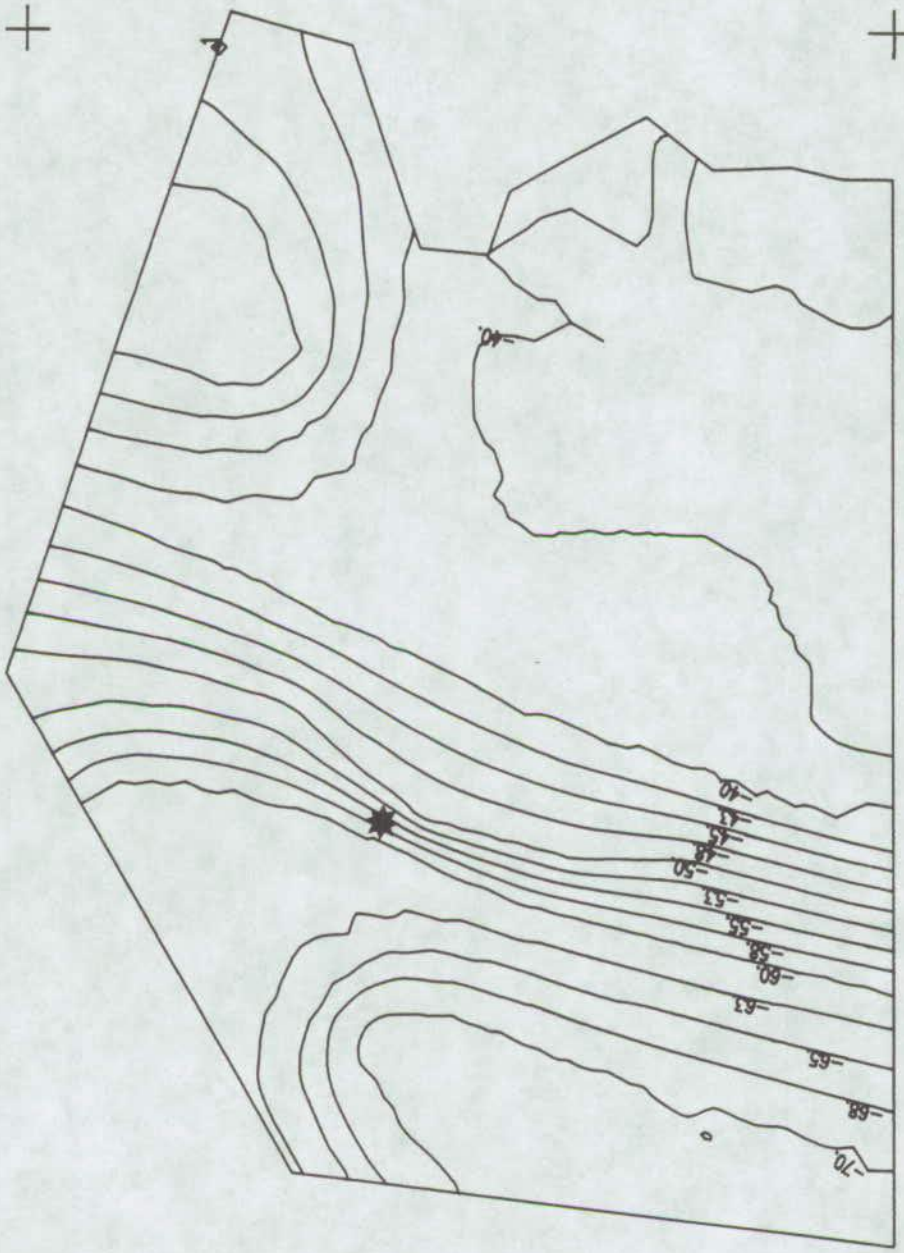
5 Km

N

IWACO

Adviesbureau voor water en milieu
Postbus 174, 5280 AD Boxtel
Rechterstraat 49, Boxtel
Telefoon: 04116-76946

Projekt: PROEFPROJECT VERDROGING EPE				Rapport: 331.8520
Getekend: RAL	Gezien:		Datum: 21-10-1991	Figuur: 3.6
Opdrachtgever: PROVINCIE GELDERLAND				
TOP EERSTE SCHEIDENDE LAAG (EEMKLEI)(IN M t.o.v. N.A.P.)				



LEGENDA:

-70- Niveaulijn (in m) t.o.v. N.A.P.

Pompstation Epe

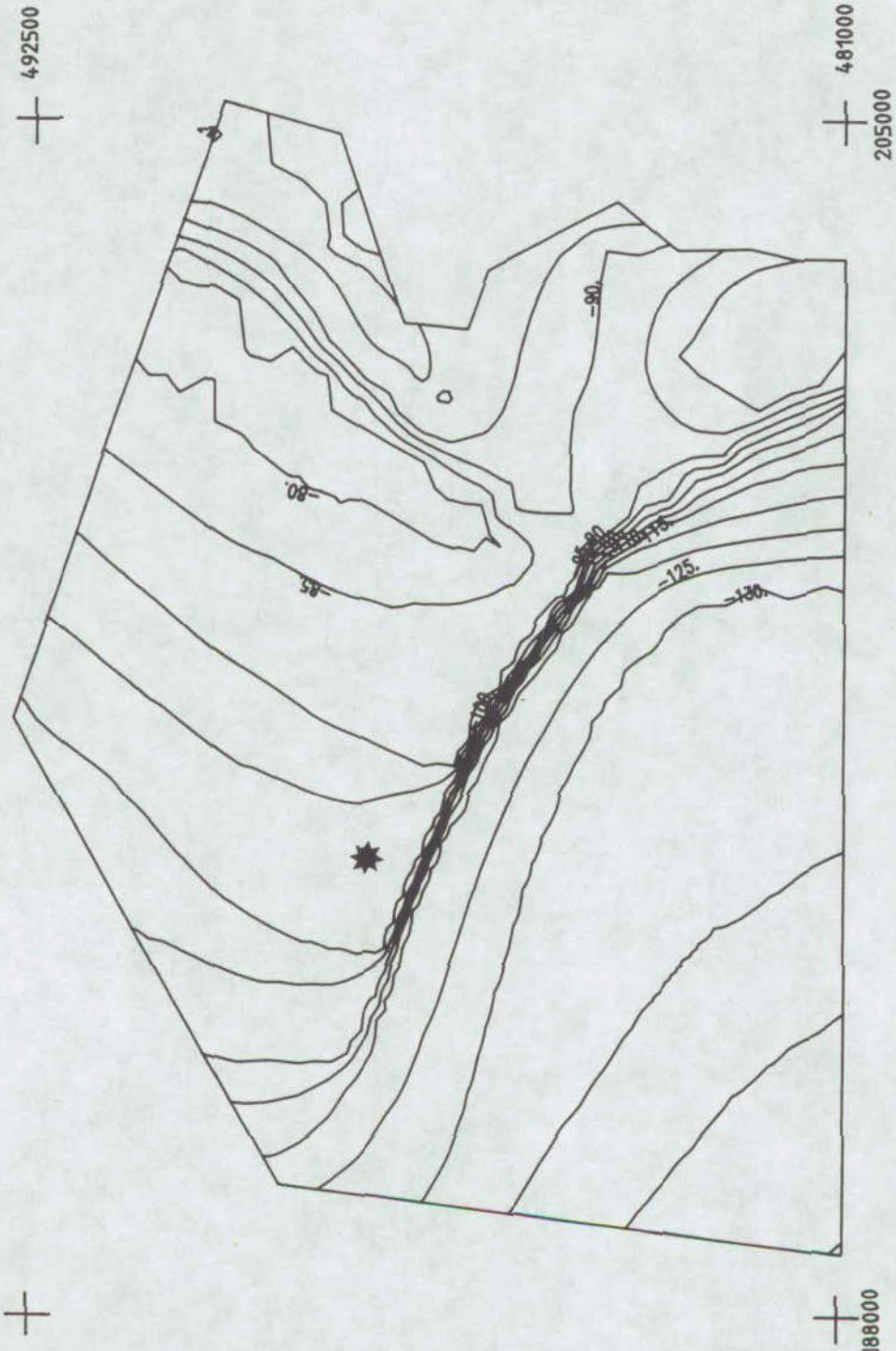
5 Km

N

IWACO

Adviesbureau voor water en milieu
Postbus 174, 5280 AD Boxtel
Rechterstraat 49, Boxtel
Telefoon: 04116-76946
Fax: 04116-76300

Projekt: PROEFPROJECT VERDROGING EPE				Rapport: 331.8520
Getekend: RAL	Gezien:		Datum: 21-10-1991	Figuur: 3.7
Opdrachtgever: PROVINCIE GELDERLAND				
TOP TWEEDE SCHEIDENDE LAAG (DRENTE KLEI) (IN M. t.o.v. N.A.P.)				



LEGENDA:

-80. Niveaulijn (in m) t.o.v. N.A.P.

Pompstation Epe

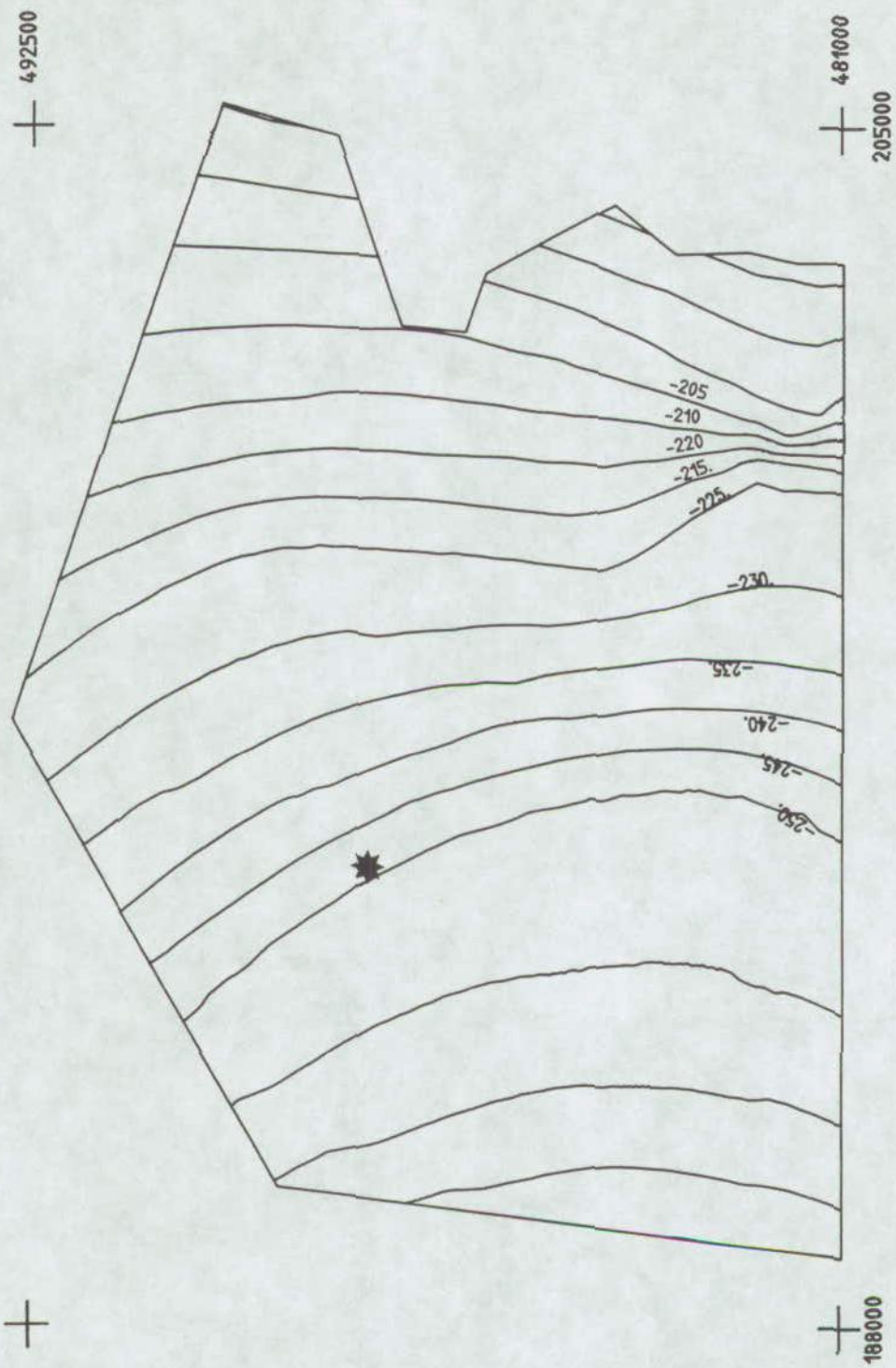
5 Km

N

IWACO

Adviesbureau voor water en milieu
Postbus 174, 5280 AD Boxtel
Rechterstraat 49, Boxtel
Telefoon: 04116-76946
Fax: 04116-76300

Projekt: PROEFPROJECT VERDROGING EPE				Rapport: 331.8520
Getekend: RAL	Gezien:		Datum: 21-10-1991	Figuur: 3.8
Opdrachtgever: PROVINCIE GELDERLAND				
TOP DERDE SCHEIDENDE LAAG (TEGELENKLEI)(IN M. t.o.v. N.A.P.)				



LEGENDA:

-250- Niveaulijn (in m) t.o.v. N.A.P.

Pompstation Epe

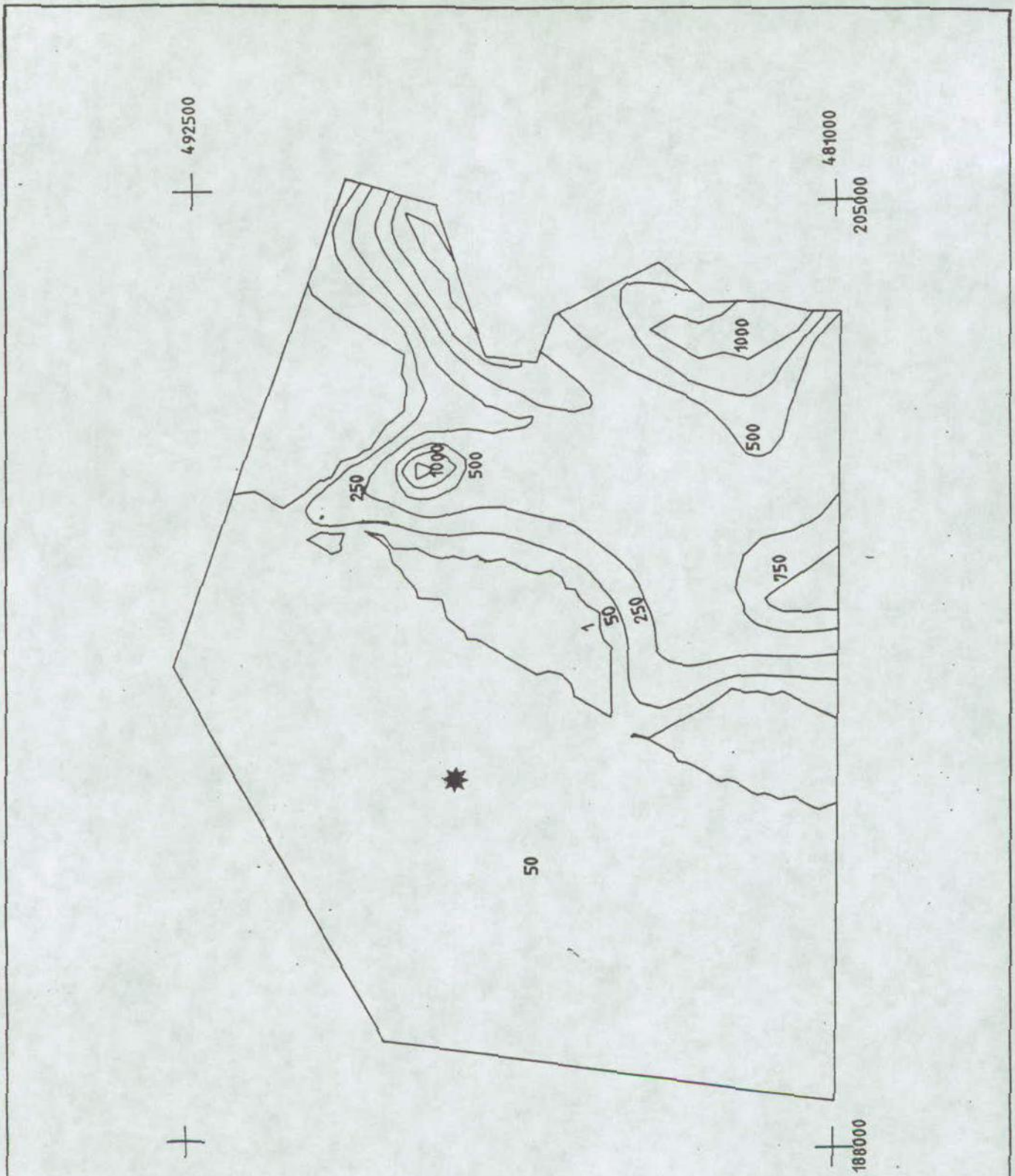
5 Km

N

IWACO

Adviesbureau voor water en milieu
Postbus 174, 5280 AD Boxtel
Rechterstraat 49, Boxtel
Telefoon: 04116-76946
Fax: 04116-76300

Projekt: PROEFPROJECT VERDROGING EPE				Rapport: 331.8520
Getekend: RAL	Gezien:		Datum: 21-10-1991	Figuur: 3.9
Opdrachtgever: PROVINCIE GELDERLAND				
GEOHYDROLOGISCHE BASIS (IN M t.o.v. N.A.P.)				



LEGENDA:

100 — Niveaulijn (in m) t.o.v. N.A.P.

✸ Pompstation Epe

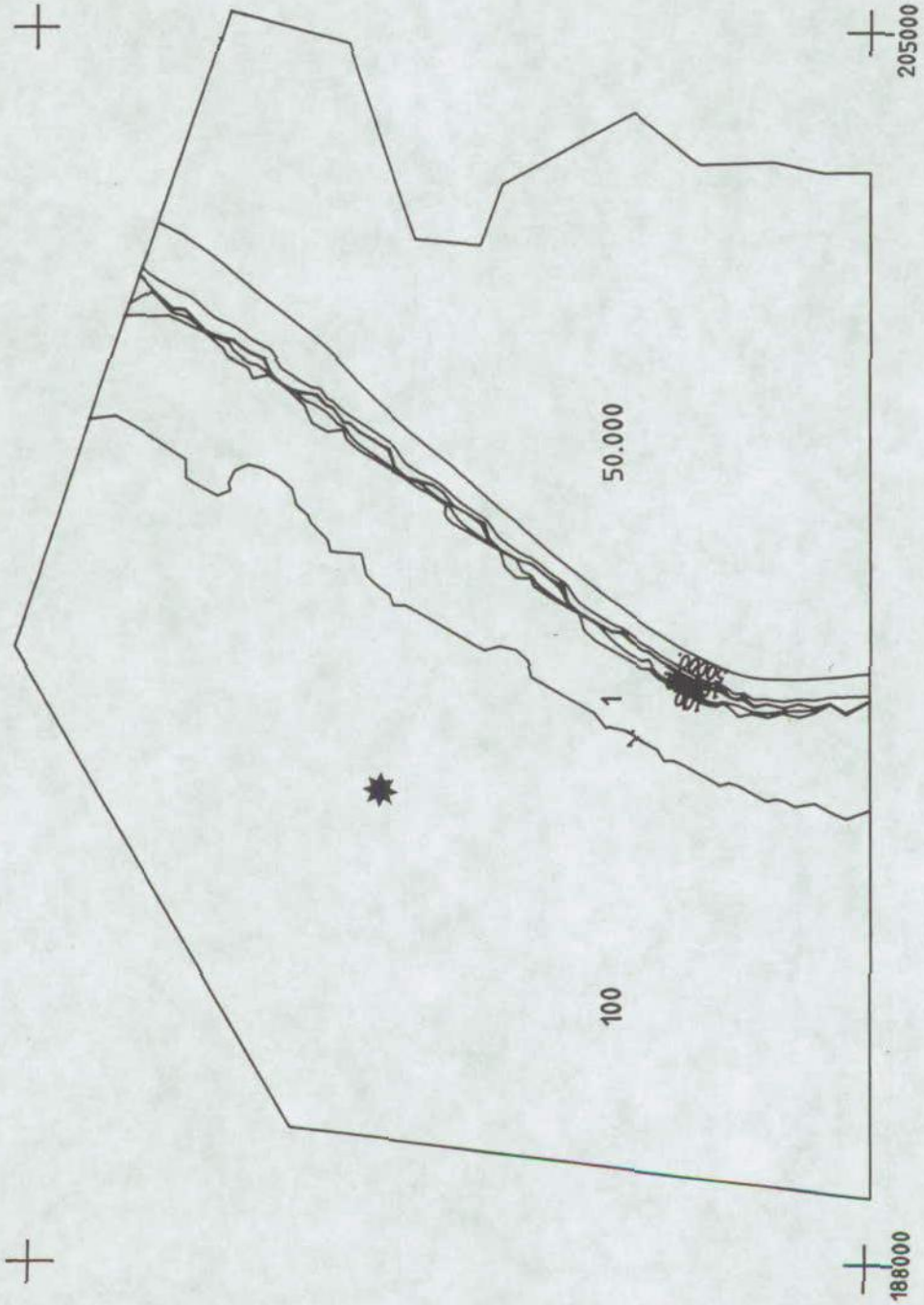
5 Km

N

IWACO

Adviesbureau voor water en milieu
Postbus 174, 5280 AD Boxtel
Rechterstraat 49, Boxtel
Telefoon: 04116-76946
Fax: 04116-76300

Projekt: PROEFPROJECT VERDROGING EPE				Rapport: 331.8520
Getekend: RAL	Gezien:		Datum: 21-10-1991	Figuur: 3.11
Opdrachtgever: PROVINCIE GELDERLAND				
HYDRAULISCHE WEERSTAND SCHEIDENDE LAAG 1 (IN DAGEN)				



LEGENDA:

Niveaulijn (in m) t.o.v. N.A.P.

Pompstation Epe

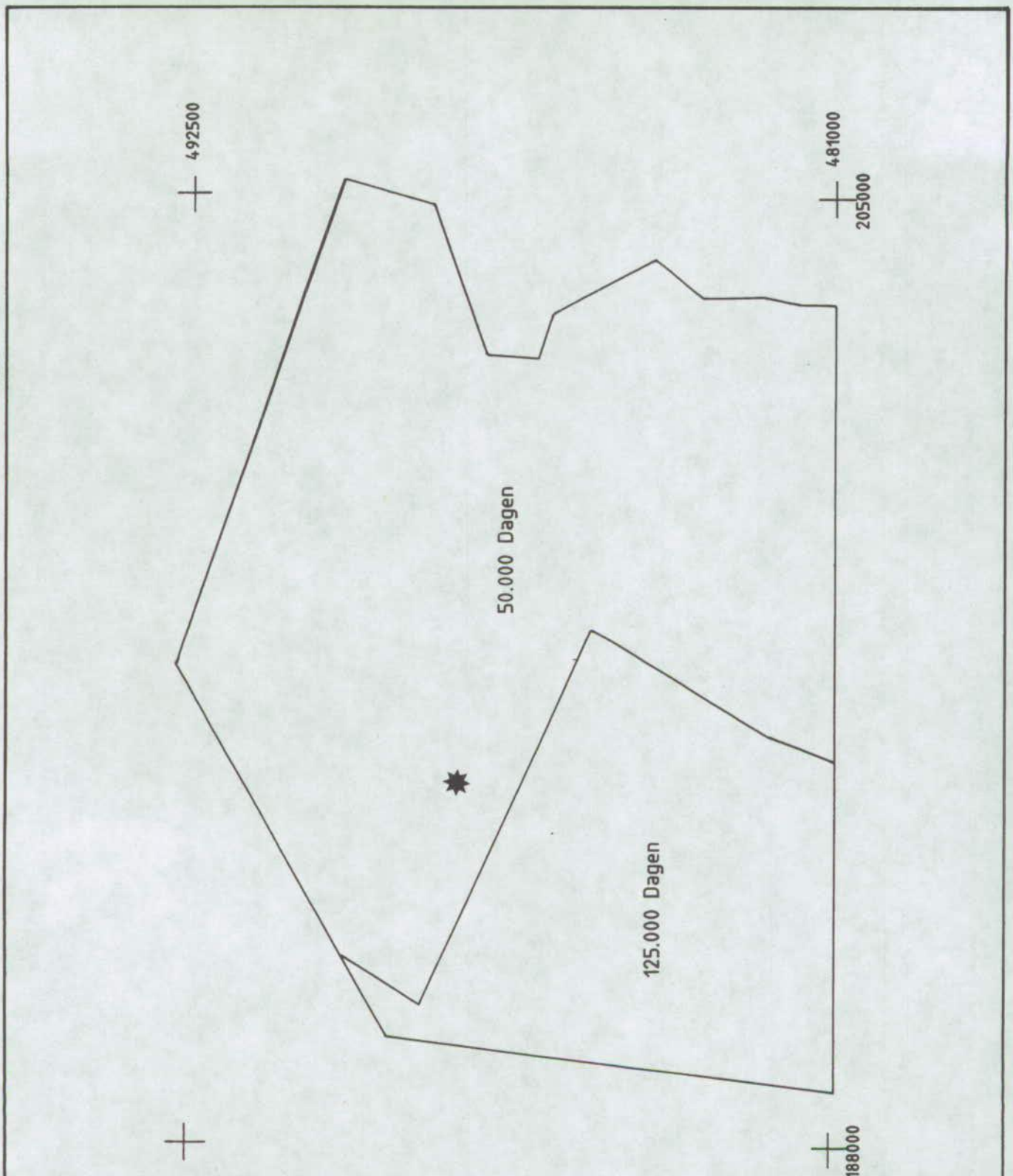
5 Km

N

IWACO

Adviesbureau voor water en milieu
Postbus 174, 5280 AD Boxtel
Rechterstraat 49, Boxtel
Telefoon: 04116-76946
Fax: 04116-76300

Projekt: PROEFPROJECT VERDROGING EPE				Rapport: 331.8520
Getekend: RAL	Gezien:	Datum: 21-10-1991		Figuur: 3.12
Opdrachtgever: PROVINCIE GELDERLAND				
HYDRAULISCHE WEERSTAND SCHEIDENDE LAAG 2 (IN DAGEN)				



LEGENDA:

✸ Pompstation Epe

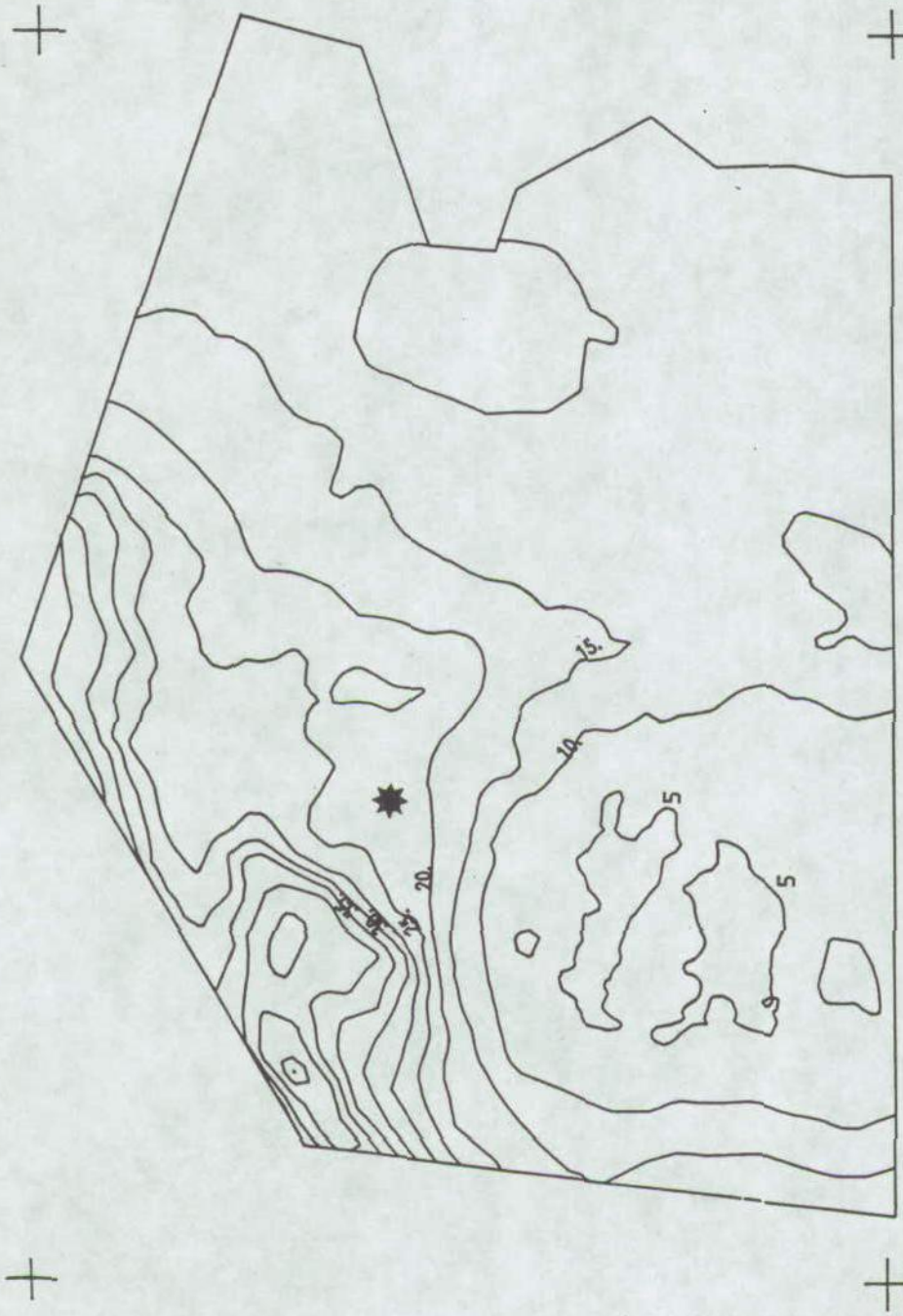
5 Km

N

IWACO

Adviesbureau voor water en milieu
Postbus 174, 5280 AD Boxtel
Rechterstraat 49, Boxtel
Telefoon: 04116-76946
Fax: 04116-76300

Projekt: PROEFPROJECT VERDROGING EPE				Rapport: 331.8520
Getekend: RAL	Gezien:		Datum: 21-10-1991	Figuur: 3.13
Opdrachtgever: PROVINCIE GELDERLAND				
HYDRAULISCHE WEERSTAND SCHEIDENDE LAAG 3 (IN DAGEN)				



LEGENDA:

15 — Niveaulijn (in m) t.o.v. N.A.P.

✸ Pompstation Epe

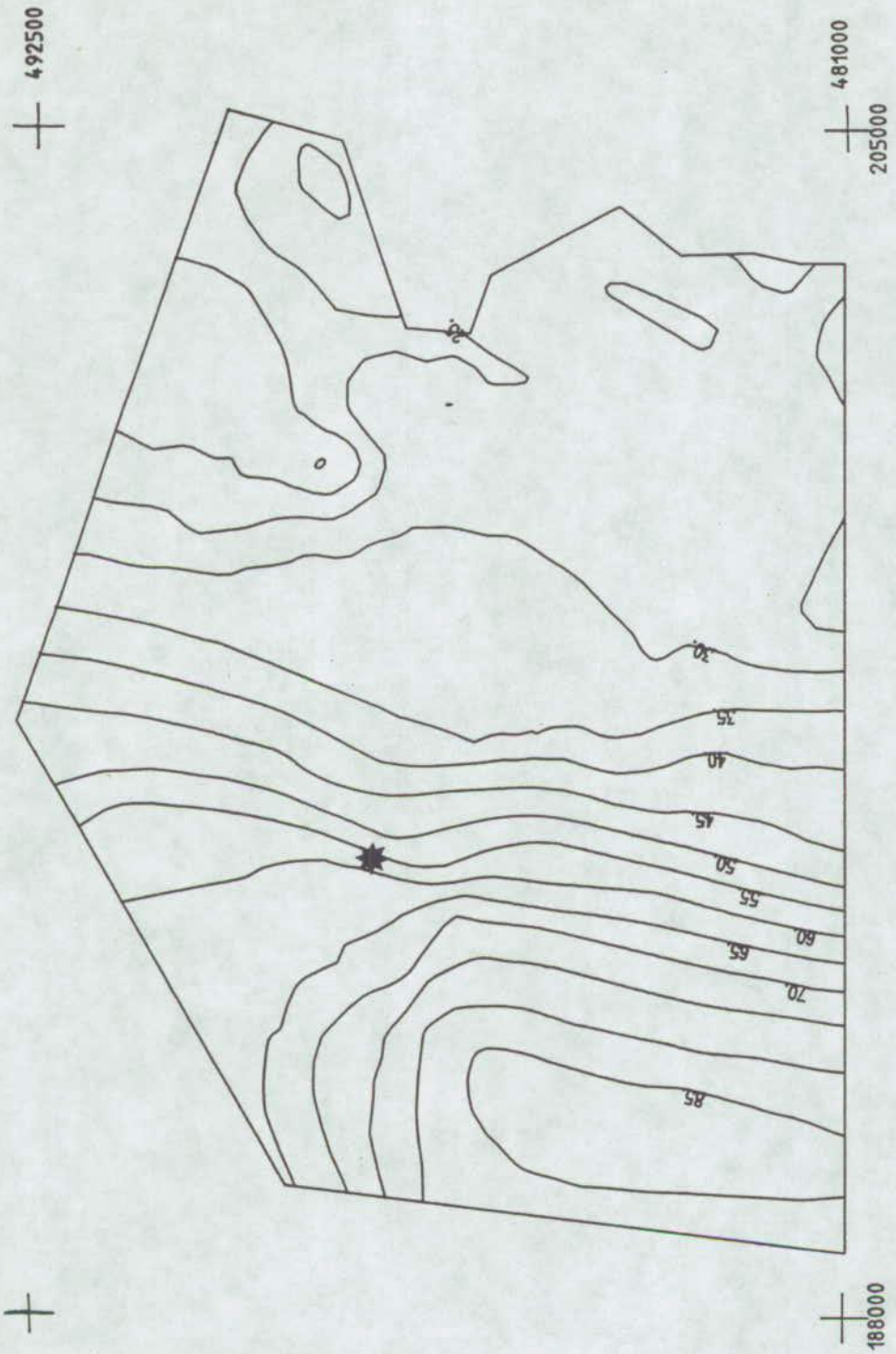
5 Km

N

IWACO

Adviesbureau voor water en milieu
Postbus 174, 5280 AD Boxtel
Rechterstraat 49, Boxtel
Telefoon: 04116-76946
Fax: 04116-76300

Projekt: PROEFPROJECT VERDROGING EPE				Rapport: 331.8520
Getekend: RAL	Gezien:		Datum: 21-10-1991	Figuur: 3.14
Opdrachtgever: PROVINCIE GELDERLAND				
DIKTE MODELPAKKET 1 (IN M)				



LEGENDA:

30. — Niveaulijn (in m) t.o.v. N.A.P.

✸ Pompstation Epe

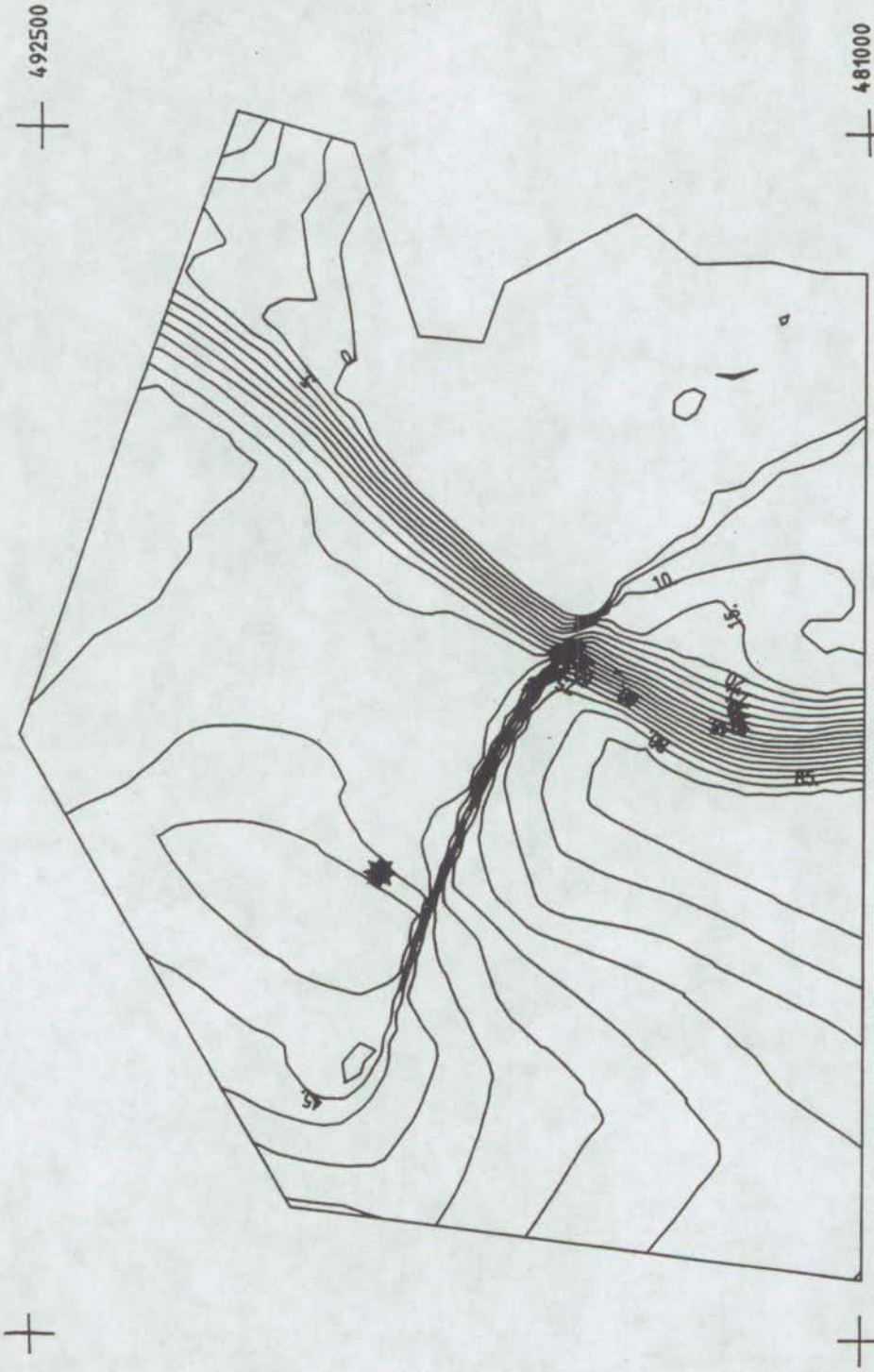
5 Km

N

IWACO

Adviesbureau voor water en milieu
Postbus 174, 5280 AD Boxtel
Rechterstraat 49, Boxtel
Telefoon: 04116-76946
Fax: 04116-76300

Projekt: PROEFPROJECT VERDROGING EPE				Rapport: 331.8520
Getekend: RAL	Gezien:		Datum: 21-10-1991	Figuur: 3.15
Opdrachtgever: PROVINCIE GELDERLAND				
DIKTE MODELPAKKET 2 (IN M)				



LEGENDA:

10. Niveaulijn (in m) t.o.v. N.A.P.

Pompstation Epe

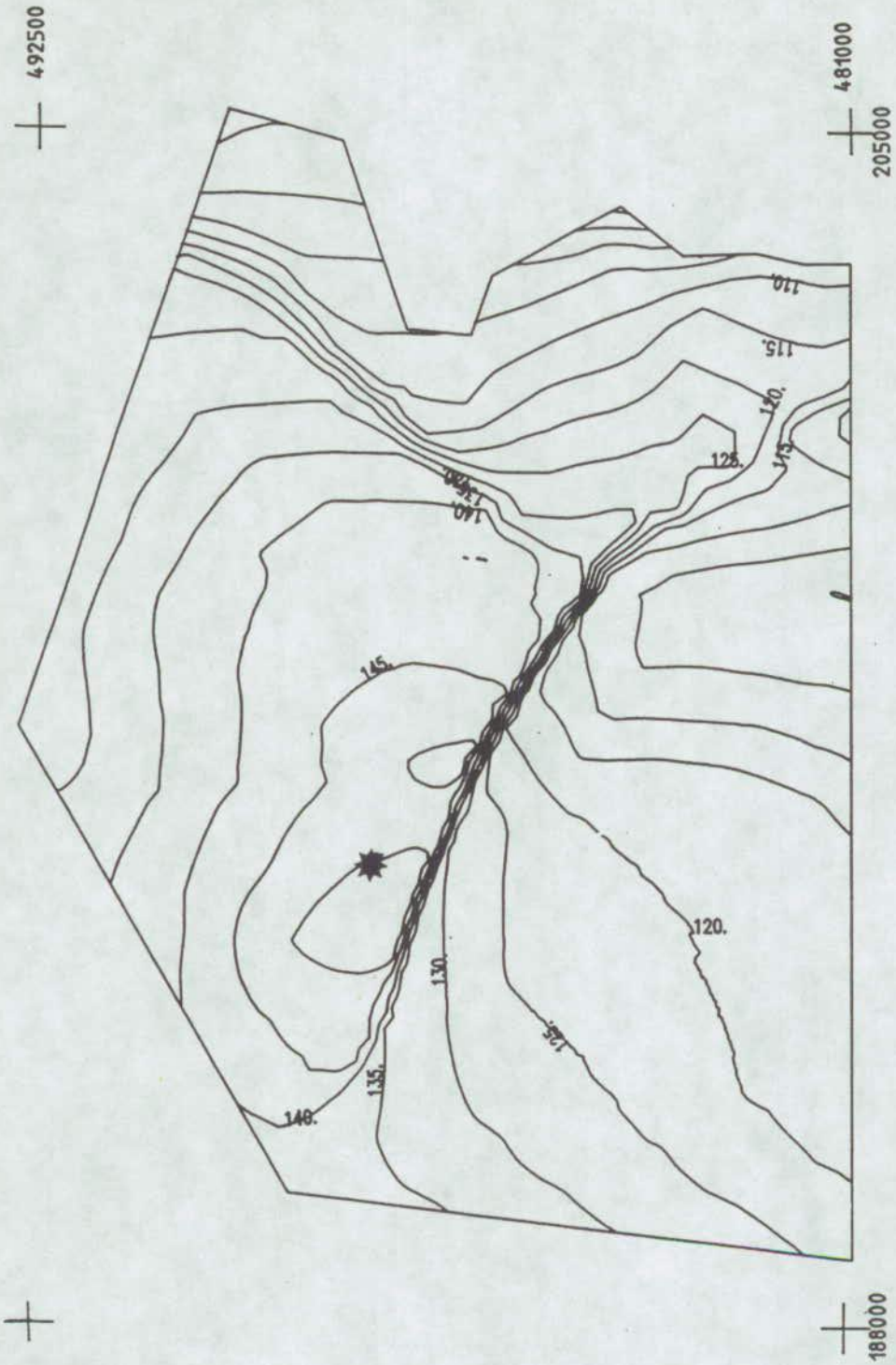
5 Km

N

IWACO

Adviesbureau voor water en milieu
Postbus 174, 5280 AD Boxtel
Rechterstraat 49, Boxtel
Telefoon: 04116-76946
Fax: 04116-76300

Projekt: PROEFPROJECT VERDROGING EPE				Rapport: 331.8520
Getekend: RAL	Gezien:		Datum: 21-10-1991	Figuur: 3.16
Opdrachtgever: PROVINCIE GELDERLAND				
DIKTE MODELPAKKET 3 (IN M)				



LEGENDA:

130. Niveaulijn (in m) t.o.v. N.A.P.

Pompstation Epe

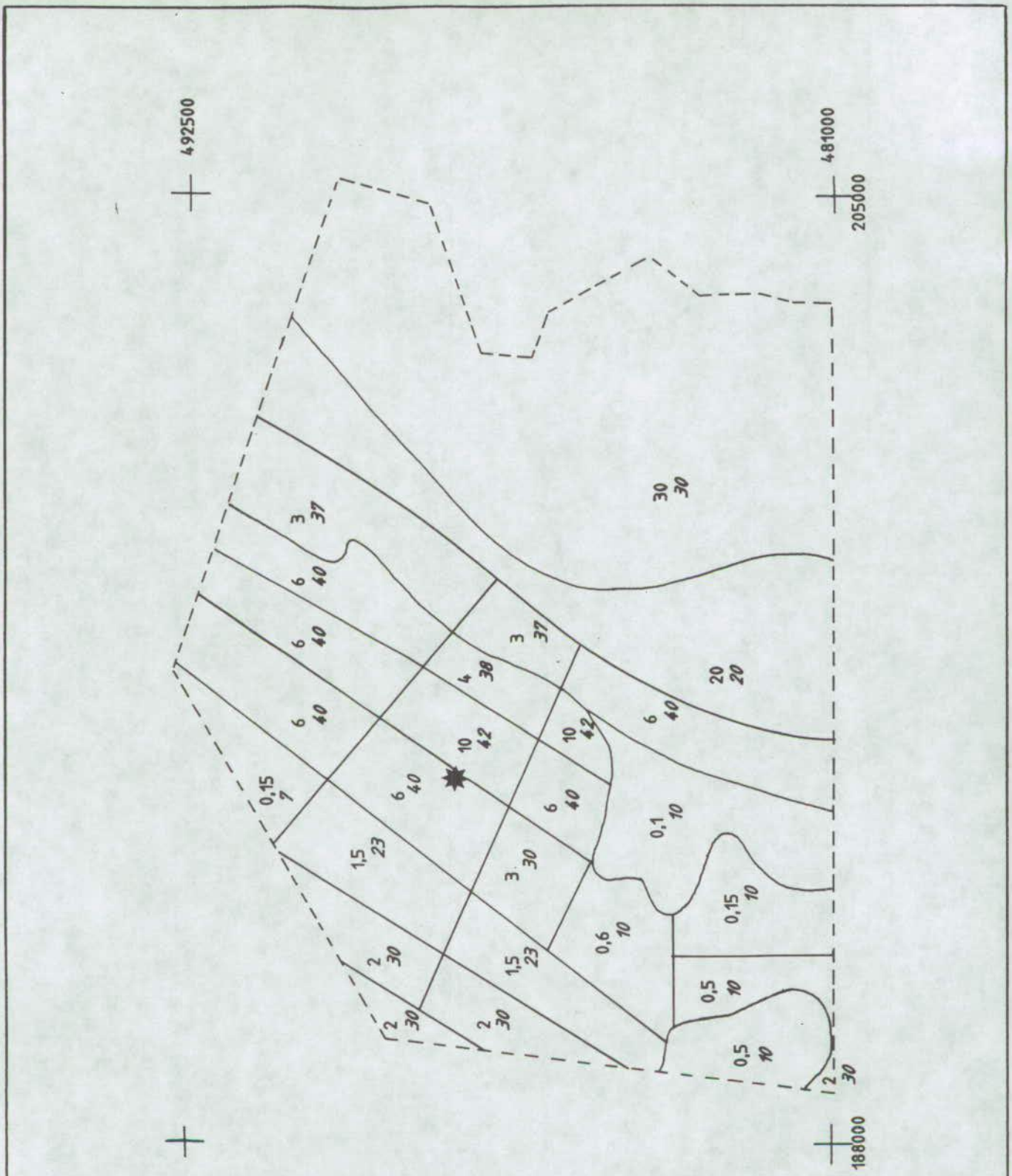
5 Km

N

IWACO

Adviesbureau voor water en milieu
Postbus 174, 5280 AD Boxtel
Rechterstraat 49, Boxtel
Telefoon: 04116-76946
Fax: 04116-76300

Projekt: PROEFPROJECT VERDROGING EPE				Rapport: 331.8520
Getekend: RAL	Gezien:	Datum: 21-10-1991		Figuur: 3.17
Opdrachtgever: PROVINCIE GELDERLAND				
DIKTE MODELPAKKET 4 (IN M)				



LEGENDA:

K-waarden w.v.p. 1

0,8 Kx-waarde } (voor x- en y-richting
23 Ky-waarde } zie figuur 3.4)

✸ Pompstation Epe

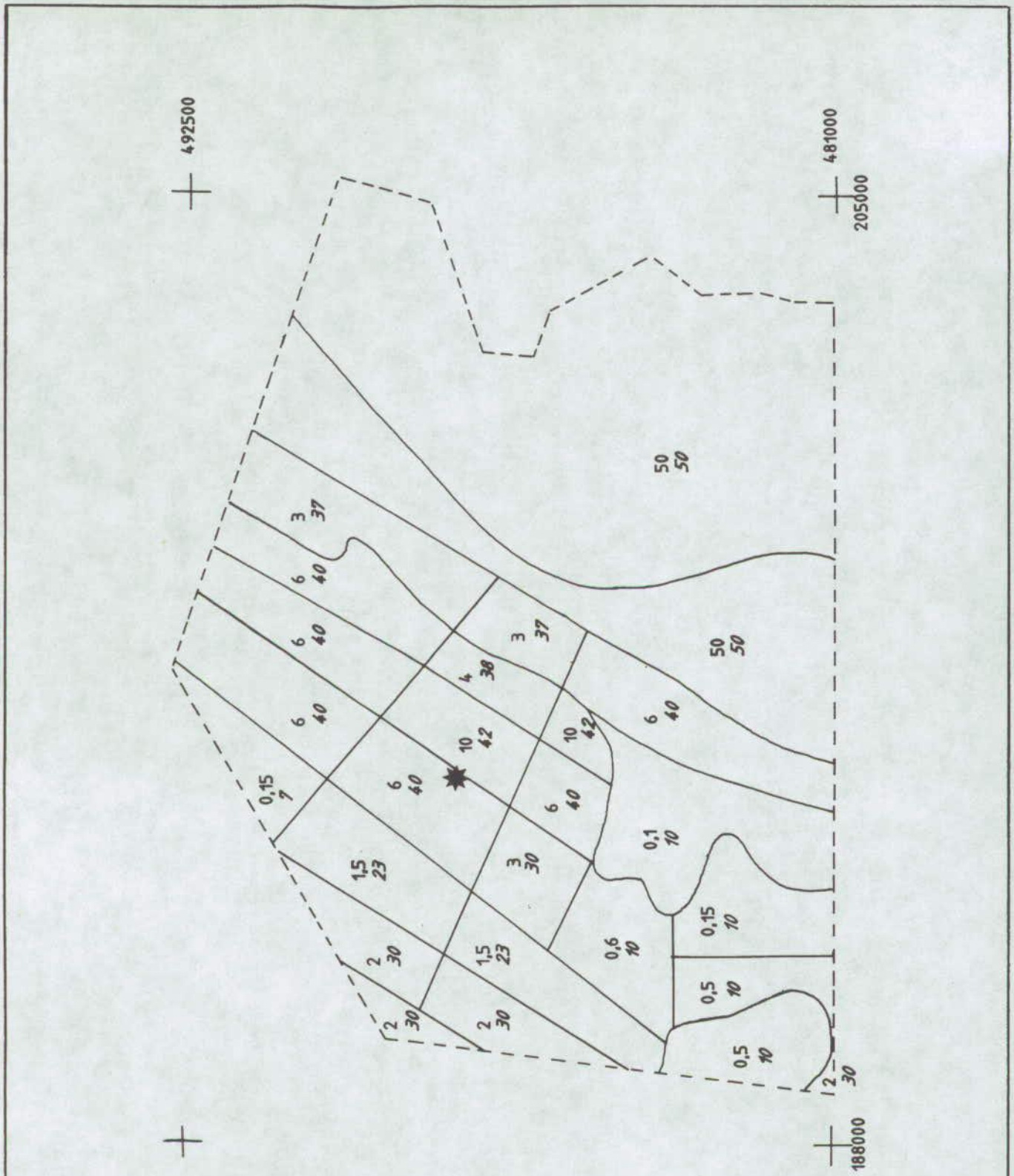
5 Km

N

IWACO

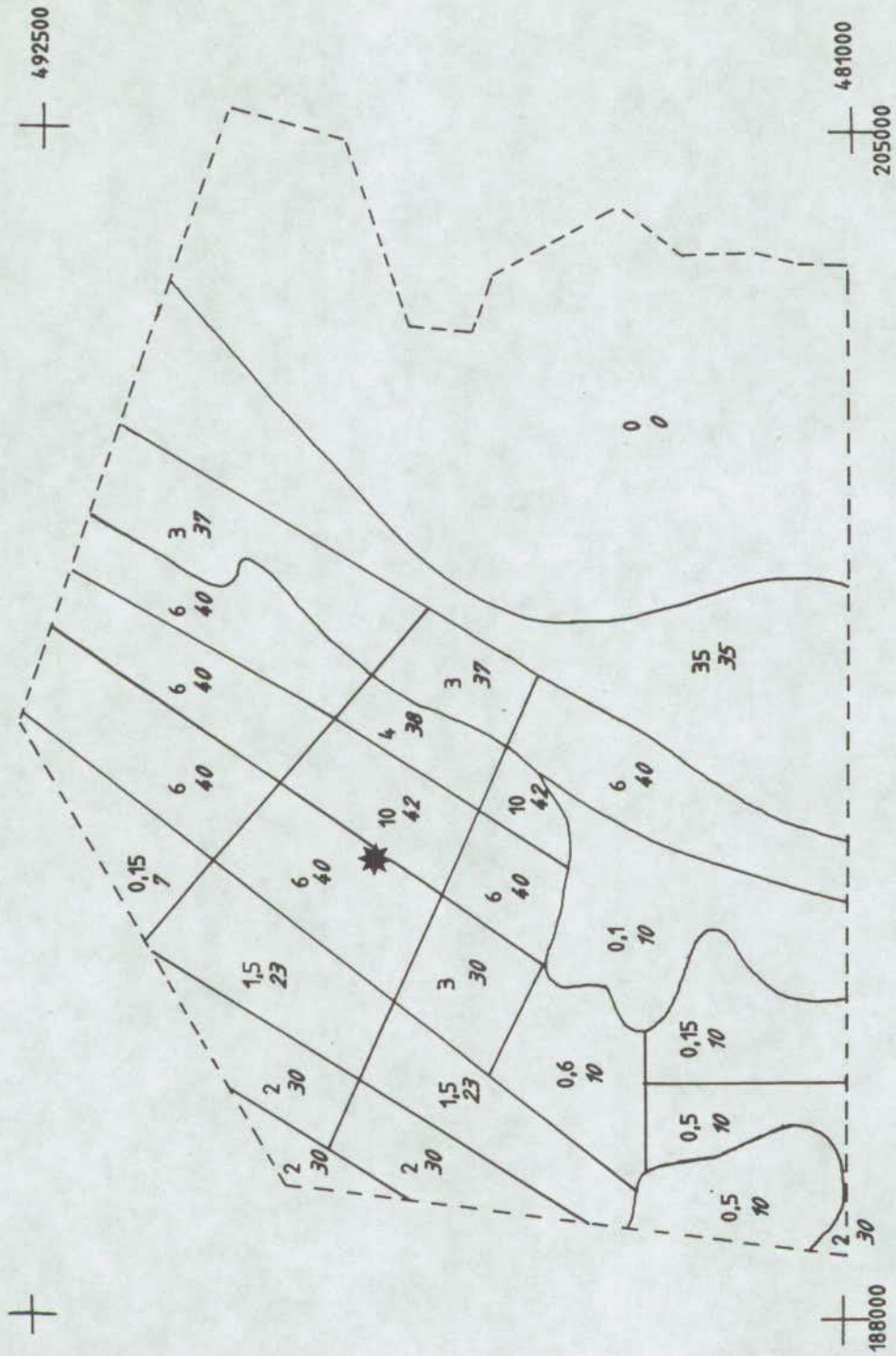
Adviesbureau voor water en milieu
Postbus 174, 5280 AD Boxtel
Rechterstraat 49, Boxtel
Telefoon: 04116-76946
Fax: 04116-76300

Projekt: PROEFPROJECT VERDROGING EPE				Rapport: 331.8520
Getekend: RAL	Gezien:		Datum: 21-10-1991	Figuur: 3.18
Opdrachtgever: PROVINCIE GELDERLAND				
DOORLATENDHEID (X- EN Y-RICHTING) MODELPAKKET 1 (IN M/DAG)				



IWACO	Projekt: PROEFPROJECT VERDROGING EPE			Rapport: 331.8520
	Getekend: RAL	Gezien:	Datum: 21-10-1991	Figuur: 3.19
	Opdrachtgever: PROVINCIE GELDERLAND			
	DOORLATENDHEID (X- EN Y-RICHTING) MODELPAKKET 2 (IN M/DAG)			

Adviesbureau voor water en milieu
Postbus 174, 5280 AD Boxtel
Rechterstraat 49, Boxtel
Telefoon: 04116-76946
Fax: 04116-76300



LEGENDA:

K-waarden w.v.p. 3

0,8 Kx-waarde
23 Ky-waarde
} (voor x- en y-richting zie figuur 3.4)

✸ Pompstation Epe

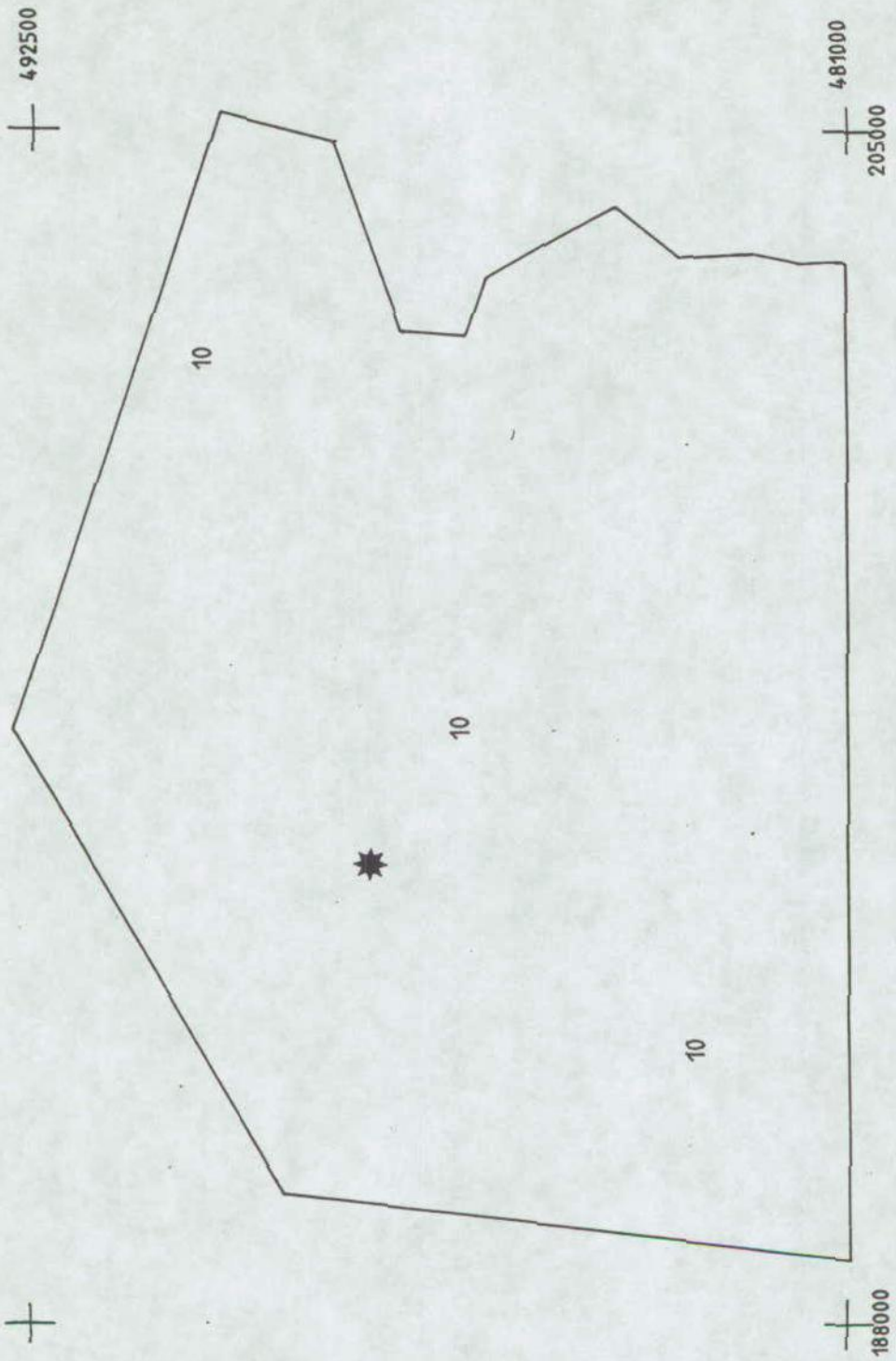
5 Km

N

IWACO

Adviesbureau voor water en milieu
Postbus 174, 5280 AD Boxtel
Rechterstraat 49, Boxtel
Telefoon: 04116-76946
Fax: 04116-76300

Projekt: PROEFPROJECT VERDROGING EPE				Rapport: 331.8520
Getekend: RAL	Gezien:		Datum: 21-10-1991	Figuur: 3.20
Opdrachtgever: PROVINCIE GELDERLAND				
DOORLATENDHEID (X- EN Y-RICHTING) MODELPAKKET 3 (IN M/DAG)				



LEGENDA:

✸ Pompstation Epe

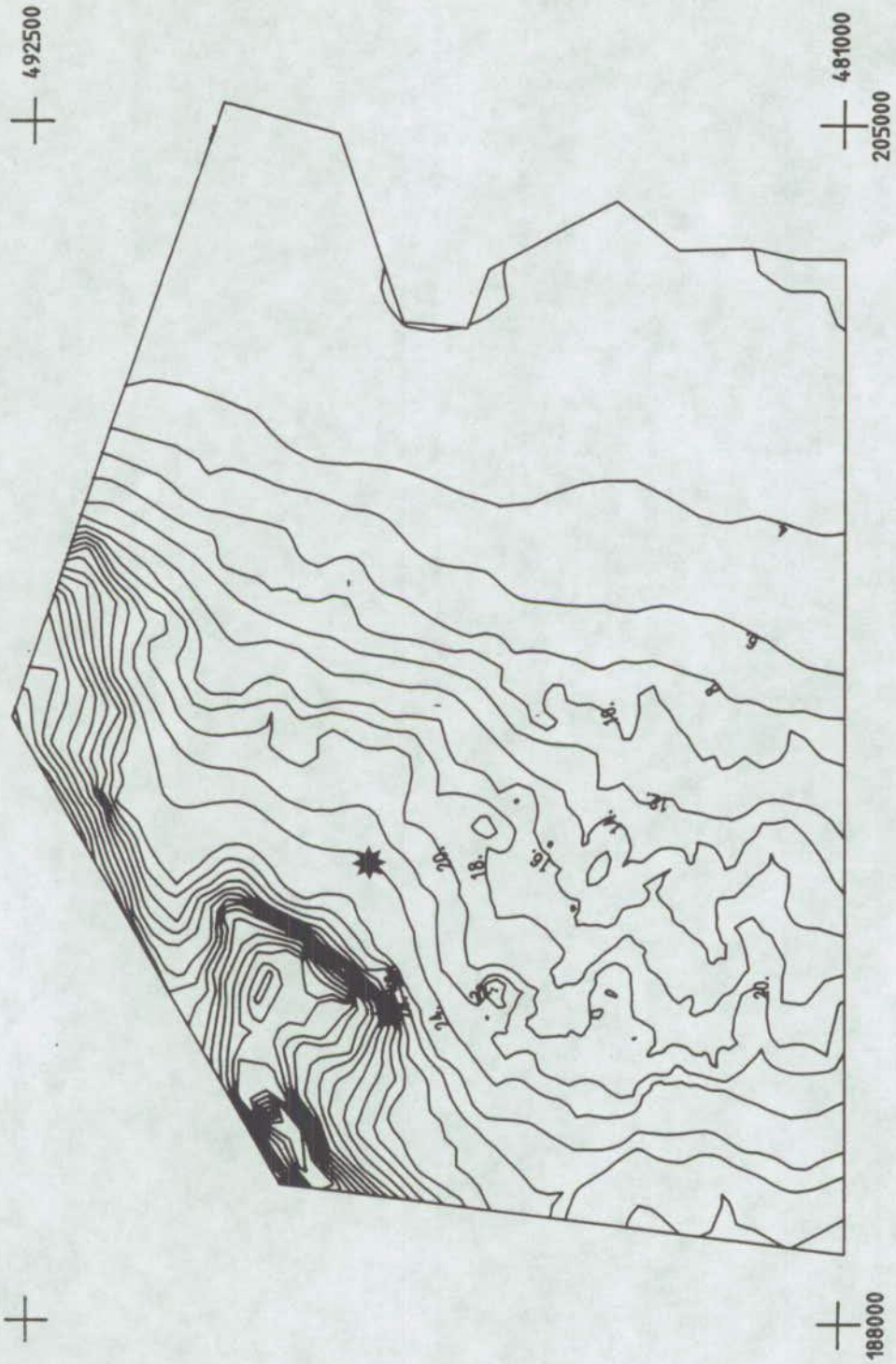
5 Km

N

IWACO

Adviesbureau voor water en milieu
Postbus 174, 5280 AD Boxtel
Rechterstraat 49, Boxtel
Telefoon: 04116-76946
Fax: 04116-76300

Projekt: PROEFPROJECT VERDROGING EPE				Rapport: 331.8520
Getekend: RAL	Gezien:		Datum: 21-10-1991	Figuur: 3.21
Opdrachtgever: PROVINCIE GELDERLAND				
DOORLATENDHEID MODELPAKKET 4 (IN M/DAG)				



LEGENDA:

10. Hoogtelijn (in m) t.o.v. N.A.P.

Pompstation Epe

5 Km

N

IWACO

Adviesbureau voor water en milieu
Postbus 174, 5280 AD Boxtel
Rechterstraat 49, Boxtel
Telefoon: 04116-76946
Fax: 04116-76300

Projekt: PROEFPROJECT VERDROGING EPE				Rapport: 331.8520
Getekend: RAL	Gezien:		Datum: 21-10-1991	Figuur: 3.22
Opdrachtgever: PROVINCIE GELDERLAND				
MAAIVELDHOOGTE (IN M t.o.v. N.A.P.)				

LEGENDA:

Kwelgebieden

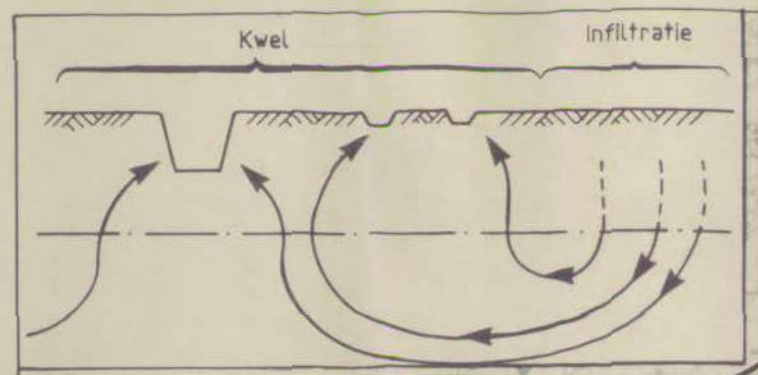
2500 meter

N

IWACO

Adviesbureau voor water en milieu
Postbus 174, 5280 AD Boxtel
Rechterstraat 49, Boxtel
Telefoon: 04116-76946
Fax: 04116-76300

Projekt: PROEFPROJECT VERDROGING EPE				Rapport: 331.8520
Getekend: RAL	Gezien:		Datum: 21-10-1991	Figuur: 4.6
Opdrachtgever: PROVINCIE GELDERLAND				
KWEL- EN INFILTRATIEPATROON (BEPAALD MET SYSTEEMANALYSE)				



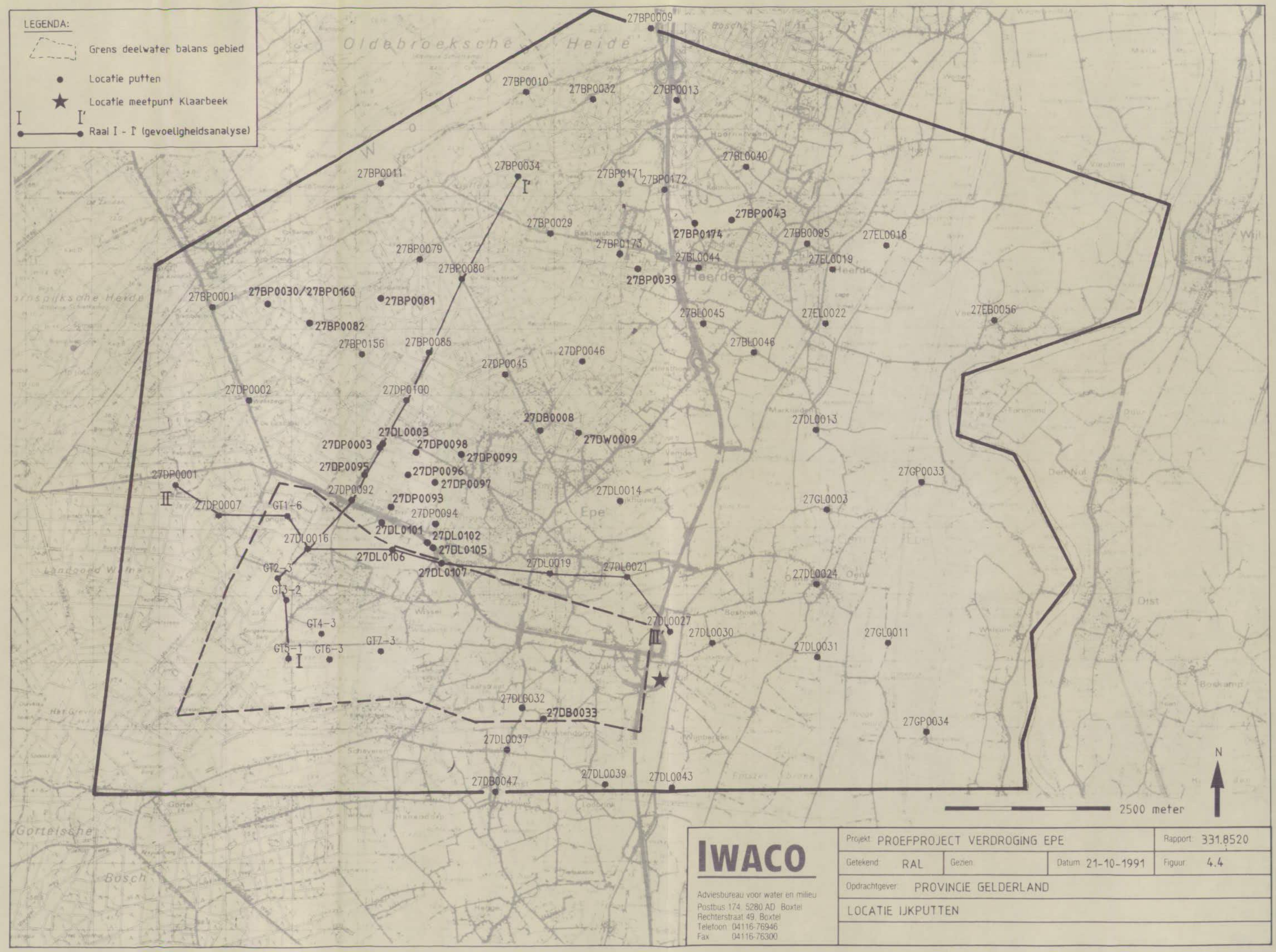
2500 meter

N

IWACO

Adviesbureau voor water en milieu
Postbus 174, 5280 AD Boxtel
Rechterstraat 49, Boxtel
Telefoon: 04116-76946
Fax: 04116-76300

Projekt: PROEFPROJECT VERDROGING EPE				Rapport: 331.8520
Getekend: RAL	Gezien:	Datum: 21-10-1991		Figuur: 4.5
Opdrachtgever: PROVINCIE GELDERLAND				
KWEL- EN INFILTRATIEPATROON (STATIONAIRE BEREKENING 1985)				


LEGENDA:
Grens deelwater balans gebied
Locatie putten
Locatie meetpunt Klaarbeek
I I'
Raai I - I' (gevoeligheidsanalyse)
Oldebroeksche Heide
Epe
Heerde
27BP0009
27BP0010
27BP0032
27BP0013
27BP0011
27BP0034
27BP0171
27BP0172
27BL0040
27BP0043
27BP0029
27BP0174
27BB0095
27EL0018
27BP0079
27BP0173
27BL0044
27EL0019
27BP0080
27BP0039
27BP0001
27BP0030/27BP0160
27BP0081
27BP0082
27BL0045
27EL0022
27EB0056
27BP0156
27BP0085
27DP0046
27BL0046
27DP0045
27DP0002
27DP0100
27DB0008
27DL0013
27DL0003
27DW0009
27DP0003
27DP0098
27DP0099
27DP0095
27DP0096
27DP0097
27GP0033
27DP0001
27DP0092
27DL0014
27DP0093
27GL0003
27DP0007
GT1-6
27DP0094
27DL0101
27DL0102
27DL0016
27DL0105
27DL0106
27DL0019
27DL0021
27DL0024
GT2-3
27DL0107
GT3-2
27DL0027
GT4-3
27DL0030
27GL0011
GT5-1
GT6-3
GT7-3
27DL0031
27DL0032
27DB0033
27GP0034
27DL0037
27DL0039
27DL0043
27DB0047
2500 meter
N
IWACO
Adviesbureau voor water en milieu
Postbus 174, 5280 AD Boxtel
Rechterstraat 49, Boxtel
Telefoon 04116-76946
Fax 04116-76300
Projekt PROEFPROJECT VERDROGING EPE
Rapport 331.8520
Getekend RAL
Gezien
Datum 21-10-1991
Figuur 4.4
Opdrachtgever PROVINCIE GELDERLAND
LOCATIE IJKPUTTEN

LEGENDA:

- ● Peilbuis
- ★ Grondwatertrap

0.21
0.45 −0.01 −0.38
−1.10
1.92 0.23 −0.42 −0.55
−0.34 0.50
0.30
0.33
−0.47 −0.23 −0.19
0.93
0.10 0.70
2.72 1.84 0.06
−0.22
−0.67
0.41
−0.12 0.55
0.07
0.01
0.18
0.42 0.62
−0.22 −1.26
0.48
0.73 0.08 0.34
0.05 0.03 0.54
0.19
0.00
0.23 0.14
0.44
0.56 0.24 −0.19 0.42
0.18
0.04 0.37
−0.46 0.05
0.33
1.03 0.75
0.02
−0.35
−0.42
0.07
−0.07
−0.14
−0.21
0.18
−0.16 −0.01 −0.26
−0.12 0.40
−0.57
0.77 1.48

N

2500 meter

IWACO

Adviesbureau voor water en milieu
Postbus 525
5201 AM 's-Hertogenbosch
Stationsplein 21-22 's-Hertogenbosch
Tel.:073-874111/Fax:120776

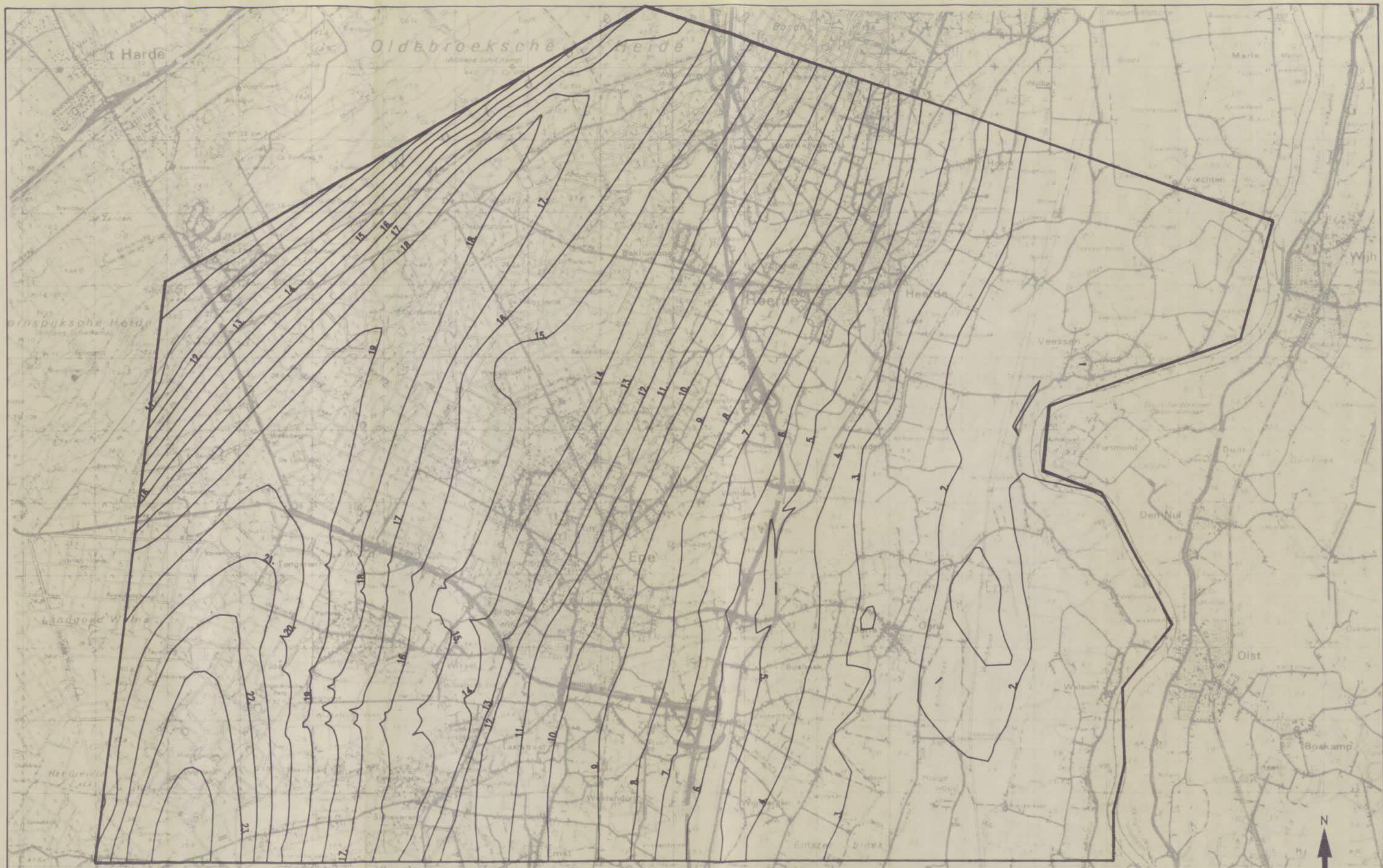
Projekt: PROEFPROJECT VERDROGING EPE			Rapport: 331.8520
Getekend: RAL	Gezien:	Datum: 21-10-1991	Figuur: 4.3
Opdrachtgever: PROVINCIE GELDERLAND			
VERSCHIL BEREKENDE EN GEMETEN STIJGHOOGTEN 1E W.V.P. 1985 (IN M.)			

IWACO

Adviesbureau voor water en milieu
Postbus 174, 5280 AD Boxtel
Rechterstraat 49, Boxtel
Telefoon: 04116-76946
Fax: 04116-76300

Projekt: PROEFPROJECT VERDROGING EPE				Rapport: 331.8520
Getekend: RAL	Gezien:		Datum: 21-10-1991	Figuur: 4.2
Opdrachtgever: PROVINCIE GELDERLAND				

ISOHYPSEN EERSTE WATERVOERENDE PAKKET (GEMETEN STIJGHOOGTEN (GEMIDDELDEN 1985))



IWACO

Adviesbureau voor water en milieu
Postbus 174, 5280 AD Boxtel
Rechterstraat 49, Boxtel
Telefoon: 04116-76946
Fax 04116-76300

Projekt: PROEFPROJECT VERDROGING EPE				Rapport: 331.8520
Getekend: RAL	Gezien:	Datum: 21-10-1991		Figuur 4.1
Opdrachtgever: PROVINCIE GELDERLAND				
ISOHYPSEN MODELPAKKET 1 (STATIONAIRE BEREKENING 1985)				

IWACO

Adviesbureau voor water en milieu
Postbus 525
5201 AM 's-Hertogenbosch
Stationsplein 21-22 's-Hertogenbosch
Tel.:073-874111/Fax:120776

Projekt: PROEFPROJECT VERDROGING EPE				Rapport: 331.8520
Getekend: RAL	Gezien:		Datum: 10-3-1992	Figuur: 3.28a
Opdrachtgever: PROVINCIE GELDERLAND				
DRAINAGEWEERSTAND TOPSYSTEEM: DETAIL VEENGEBIEDEN (IN DAGEN)				

LEGENDA:

Transporterend (Wu = 200 dagen)

Drainerend (Wu = 1 dag)

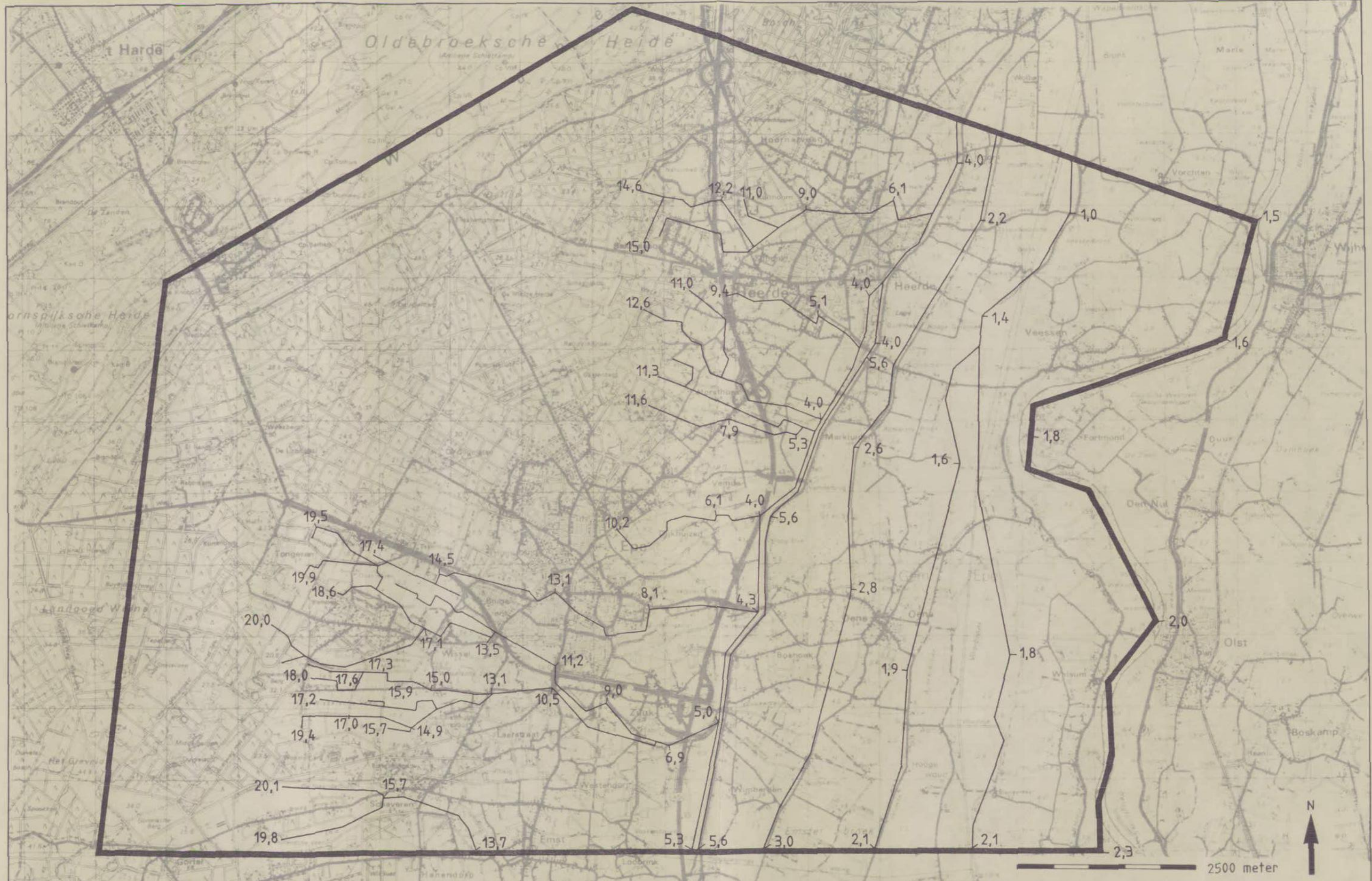
2500 meter

N

IWACO

Adviesbureau voor water en milieu
Postbus 174, 5280 AD Boxtel
Rechterstraat 49, Boxtel
Telefoon: 04116-76946
Fax: 04116-76300

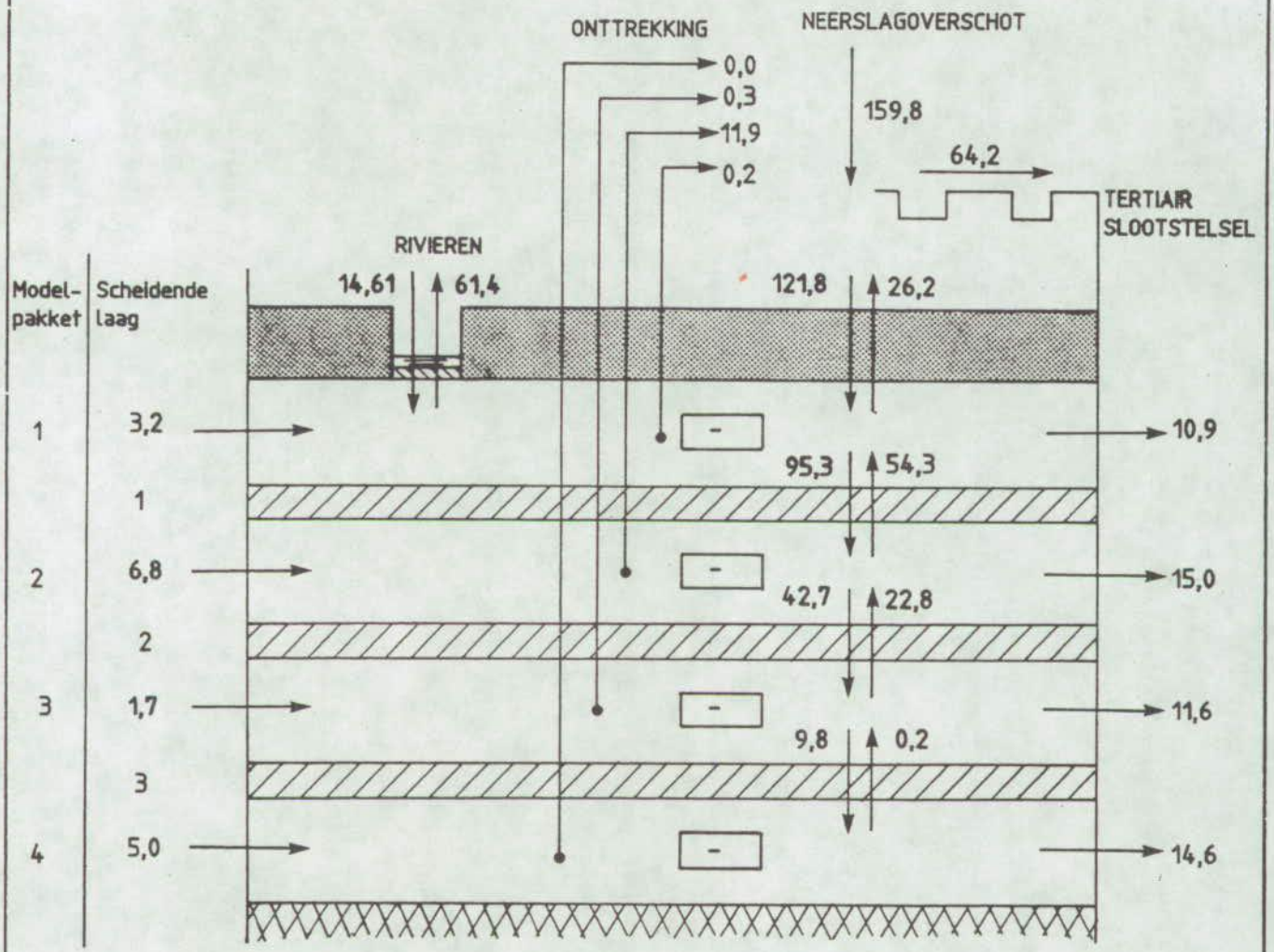
Projekt: PROEFPROJECT VERDROGING EPE				Rapport: 331.8520
Getekend: RAL	Gezien:	Datum: 21-10-1991		Figuur 3.24
Opdrachtgever: PROVINCIE GELDERLAND				
UITTREEWEERSTAND OPPERVLAKTEWATEREN IN MODEL (IN DAGEN)				



IWACO

Adviesbureau voor water en milieu
Postbus 174 5280 AD Boxtel
Rechterstraat 49 Boxtel
Telefoon 04116-76946
Fax 04116-76300

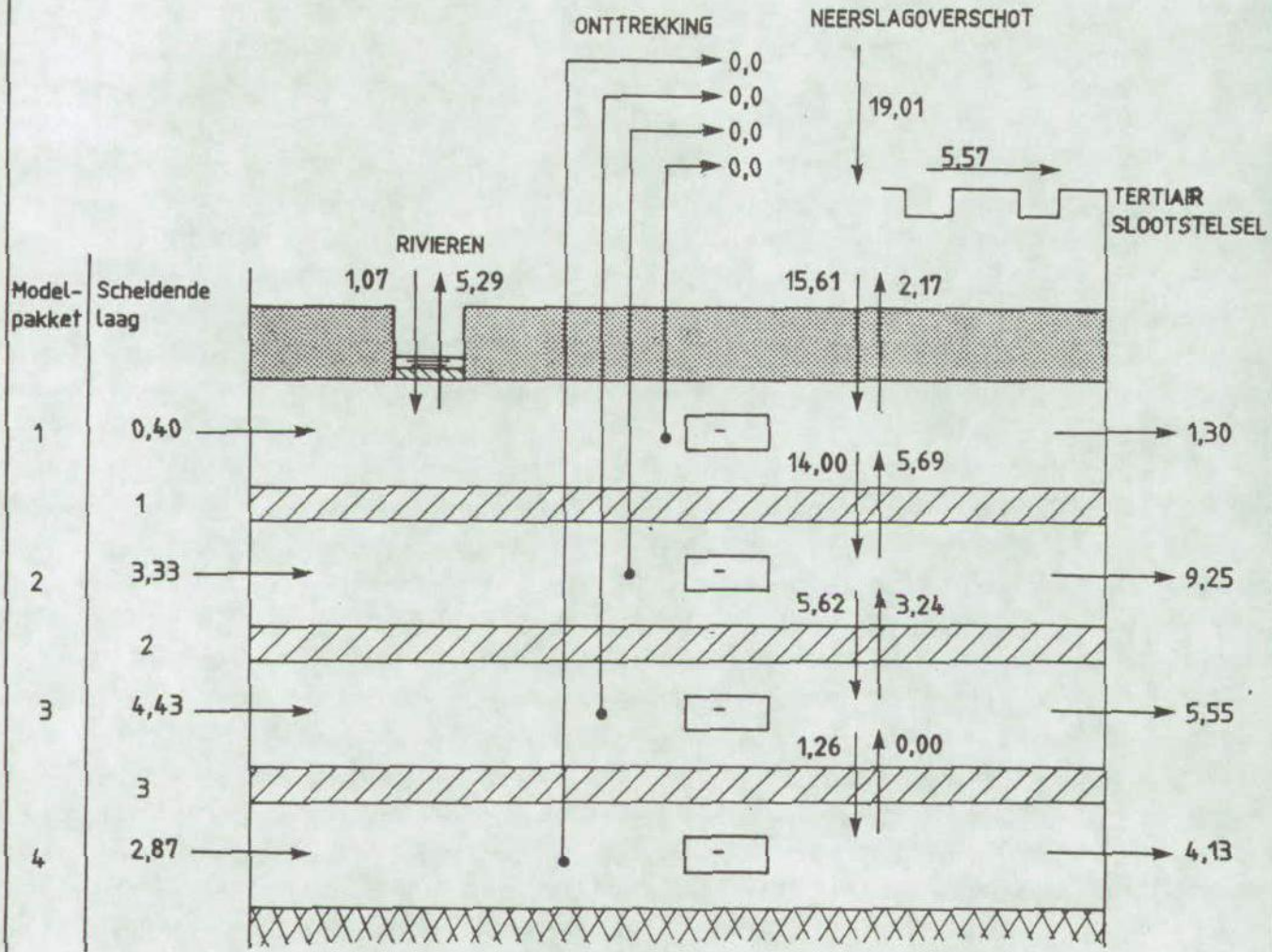
Projekt: PROEFPROJECT VERDROGING EPE				Rapport: 331.8520
Getekend: RAL	Gezien:		Datum: 21-10-1991	Figuur: 3.23
Opdrachtgever: PROVINCIE GELDERLAND				
OPPERVLAKTEWATERPEILEN IN MODEL (IN M T.O.V. N.A.P.)				



Totale waterbalans	(×1000m³/d)
Neerslag overschot	+159,83
Tertiair stelsel	- 64,24
Berging	0,00
Rivieren	- 46,74
Randstroming	- 35,50
Onttrekking	- 12,41 +
	- 0,94

IWACO
Adviesbureau voor water en milieu
Postbus 174, 5280 AD Boxtel
Rechterstraat 49, Boxtel
Telefoon: 04116 - 76946

Projekt: PROEFPROJECT VERDROGING EPE				Rapport: 331.8520
Getekend: RAL	Gezien:		Datum: 21-10-1991	Figuur: 4.7
Opdrachtgever: PROVINCIE GELDERLAND				
WATERBALANS (STATIONAIRE BEREKENING 1985)				



Totale waterbalans	(×1000m³/d)
Neerslag overschot	19,01
Tertiair stelsel	- 5,57
Berging	0,00
Rivieren	- 4,22
Randstroming	- 9,2
Onttrekking	0,00 +
	0,02

Totale afvoer bij meetpunt Klaarbeek : 2,72 miljoen m³/j.

IWACO
Adviesbureau voor water en milieu
Postbus 174, 5280 AD Boxtel
Rechterstraat 49, Boxtel
Telefoon: 04116 - 76946

Projekt: PROEFPROJECT VERDROGING EPE				Rapport: 331.8520
Getekend: RAL	Gezien:		Datum: 21-10-1991	Figuur: 4.7a
Opdrachtgever: PROVINCIE GELDERLAND				
DEELWATERBALANS WISSELSE VEEN (STATIONAIRE BEREKENING 1985)				

BIJLAGE 2

Ruwe afvoergegevens van de Klaarbeek 1983-1988
(Provincie Gelderland)

STROOMGEBIED: VELUWE BLAD: 5

BEEK: Klaarbeek

PLAATS: Emst

MEETPUNT: Aquaduct

dag	mnd.	jaar	peilschaal bov.br.	peilschaal ben.	afvoer M^3/sec.	opmerkingen;	neerslag (mm/maand)
22	3	1983	1.192		0.191		85
25	5	"	1.150		0.317		153
17	6	"	1.218		0.167		55
4	7	"	1.260		0.106		15
18	8	"	1.300		0	geen stroming	43
~~17~~ 22	9	"	1.278	5.48	0.082		78
19	10	"	1.246	15.08	0.097		75
21	11	"	1.285	13.42	0.242		95
13	12	"	1.200	9.31	0.175		80
12	1	1984	1.060	13.25	0.449		169
19	3	"	1.170		0.180		62
~~11~~	4	"				militaire oefening dammen ingelegd	17
11	5	"	1.230		0.126		105
15	6	"	1.172		0.088		72
6	8	"	1.180		0.081		4
28	9	"			0.133		145
25	10	"	1.140		0.275		120
15	11	"	1.218		0.121		72
14	12	"	1.200		~~0.213~~ 0,171	~~schatting januari IWACO~~	36
26	2	1985	1.234		0.129		5
21	3	"	1.210		0.156		64
17	4	"	1.162		0.273		83
"	5	"	1.202		0.153		65
5	6	"	1.250		0.049		139
"	7	"	1.175		0.130		57
19	8	"	1.001		0.09 schatting IWACO	niet te meten wegens begroeiing	62

PROVINCIALE WATERSTAAT VAN GELDERLAND

STROOMGEBIED: Veluwe BLAD: 6

BEEK: Klaarbeek

PLAATS: Emst

MEETPUNT: Aquaduct

dag	mnd.	jaar	peilschaal bov.br.	peilschaal ben.	afvoer M^3/sec.	opmerkingen; schatting IWACO		neerslag (mm/etmaal)
26	9	1985	1.005		0.100	zeer vuil niet te meten		60
28	10	"			0.047	bovenz. muur	0.605	27
28 11	11	"	1.230		0.140	" "	0.560	91
16	12	"	1.223		0.143	" "	0.555	88
8	1	1986	1.195		0.157	" "	0.535	120
26	3	"			0.169	" "	0.494	74
10	4	"	1.220		0.162	" "	0.540	34
12	5	"	1.220		0.213	" "	0.540	53
10	6	"	1.220		0.181	" "	0.555	67
29	9	"	1.300		veel begroeiing schatting 0.06	" "	0.630	32
29	10	"	1.190		0.277	" "	0.520	128
26	11	"	1.200		0.165	" "	0.550	92
26	2	1987	1.230		0.151	" "	0.560	37
21	4	"	1.230		0.246	" "	0.555	36
22	7	"	0.950		0.630	" "	0.355	108
14	8	"	1.125		0.408	" "	0.510	88
21	10	"	1.200		0.153	" "	0.545	71
26	11	"	1.425		0.278	" "	1.060	100
25	4	1988	1.179		0.176			
19	5	"	1.235		0.112			
13	6	"	1.202		0.111	" "		
30	9	"	1.190		0.114	" "	0.580	
31	10	"	1.219		0.142	" "	0.582	
29	11	"	1.213		0.157	" "	0.584	
22	12	"	1.040		0.575			
16	1	1989	1.152		0.272	" "	0.528	

BIJLAGE 3

Neerslagverdeling over het modelgebied

Bijlage 3: Neerslagverdeling over het modelgebied

Keuze tussen Thiessenpolygonen- of isoyeten benadering
Bij de modelberekeningen zijn neerslaggegevens gebruikt van drie neerslagstations. Met Thiessen-polygonen is het gebied in drieën gedeeld: elk met de uniforme neerslag van het bijbekorende station. Dit is beschreven in het concept-rapport.
Een andere benadering is die volgens iso-hyeten (contouren van gelijke neerslag). Uit langjarige gegevens van de drie neerslagstations heeft de Provincie Gelderland deze afgeleid voor het modelgebied.

De neerslag volgens Thiessen-polygonen (uniforme waarde binnen polygoon) wijkt plaatselijk af van de neerslag volgens de isoyeten. Dit is in figuur 1 t/m 4 en in onderstaande tabellen uitgewerkt: eerst voor een langjarig gemiddelde (tabel 1) daarna voor de periode 1984-1985.

Tabel 1 Thiessenpolygonen versus iso-hyeten voor neerslagverdeling (periode 1967-1990)

	deelgebied Epe			deelgebied Heerde			deelgebied Oldebroek		
	Thiessen	Iso-hyeten		Thiessen	Iso-hyeten		Thiessen	Iso-hyeten	
	gem.	max.	min.	gem.	max.	min.	gem.	max.	min.
winterperiode	434	443	410	393	415	390	400	442	390
oktober t/m april		+2%	-6%		+6%	-1%		+11%	-3%
zomerperiode	390	406	380	383	393	380	400	391	407
april t/m oktober		+4%	-3%		+3%	-1%		-2%	+2%
jaargemiddelden	824	849	790	776	808	770	800	833	797
		+3%	-4%		+4%	-1%		+4%	0%

neerslag in mm
afwijking als percentage van gemiddelde per polygoon

Tabel 2 Thiessenpolygonen versus iso-hyeten voor neerslagverdeling (periode 1984-1985)

	deelgebied Epe			deelgebied Heerde			deelgebied Oldebroek		
	Thiessen	Iso-hyeten		Thiessen	Iso-hyeten		Thiessen	Iso-hyeten	
	gem.	max.	min.	gem.	max.	min.	gem.	max.	min.
winterperiode	391	408	355	363	386	350	390	406	365
84/85 en 85/86		+4%	-9%		+6%	-4%		+4%	-6%
zomerperiode	433	456	412	428	441	413	453	455	438
84 en 85		+5%	-5%		+3%	-4%		0%	-3%
jaargemiddelden	824	864	767	791	827	763	843	861	803
		+5%	-7%		+5%	-4%		+2%	-5%

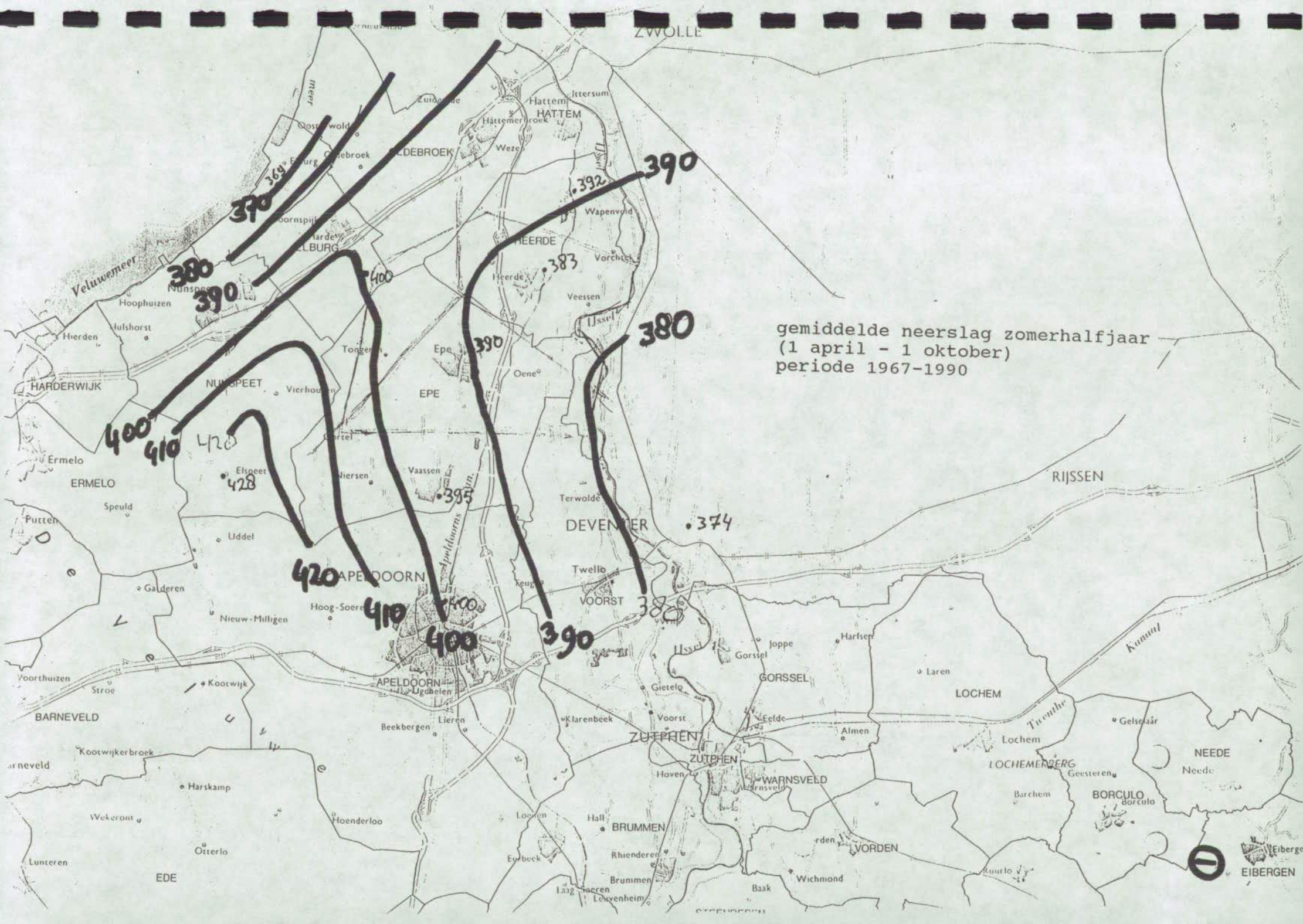
neerslag in mm
afwijking als percentage van gemiddelde per polygoon

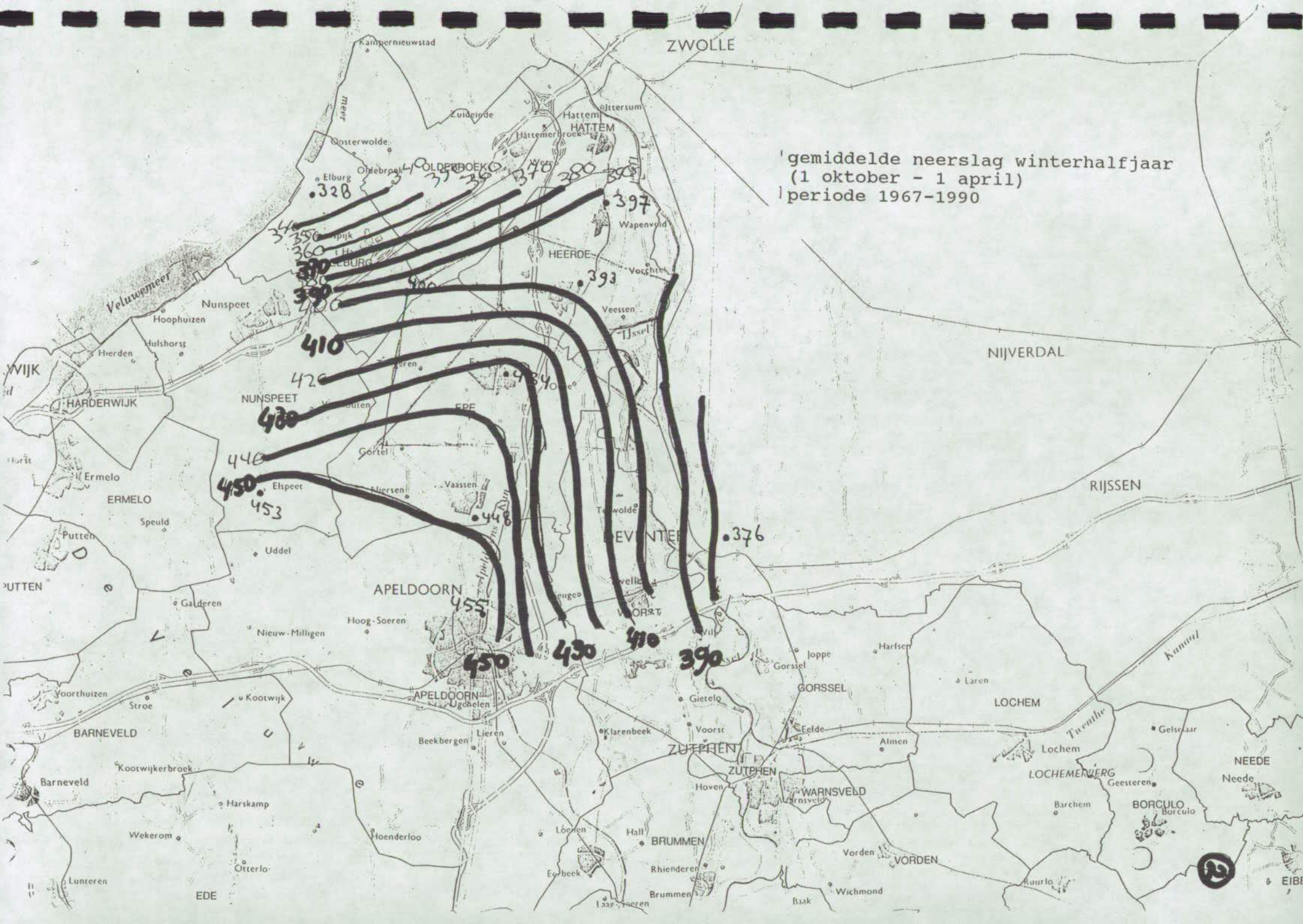
Uit de tabellen 1 en 2 en de figuren 1 t/m 4 is het volgende af te leiden:
- het langjarige en het kortjarige ('84-'86) iso-hyetenpatroon verschillen aanzienlijk;
- het zomer- en het winterpatroon ('84-'86) verschillen aanzienlijk;

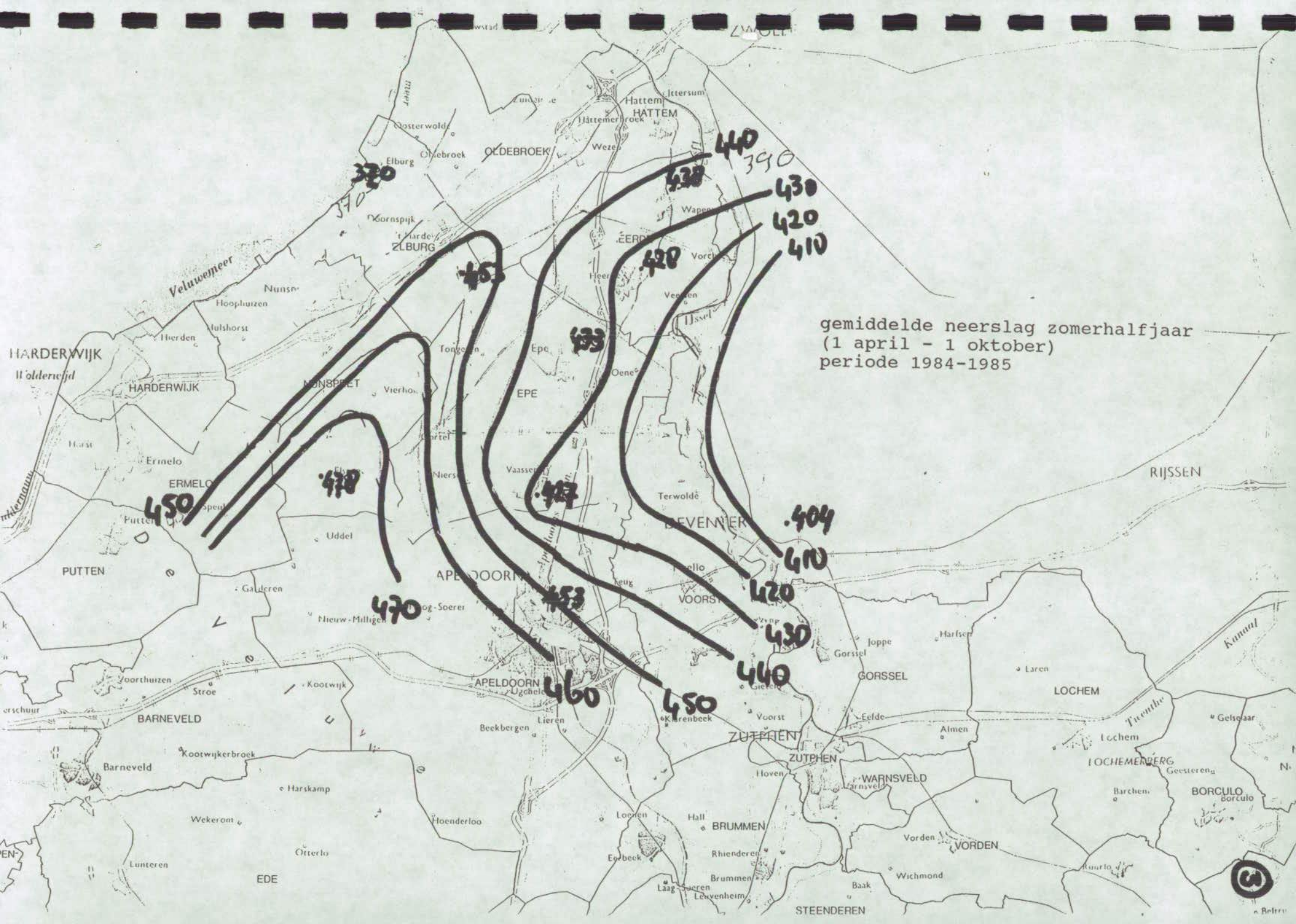
- de gemiddelde neerslag volgens de iso-hyeten (1984-1986) varieert per Thiessen-polygonen binnen een marge van ongeveer -5% tot +5% ten opzichte van het gemiddelde.

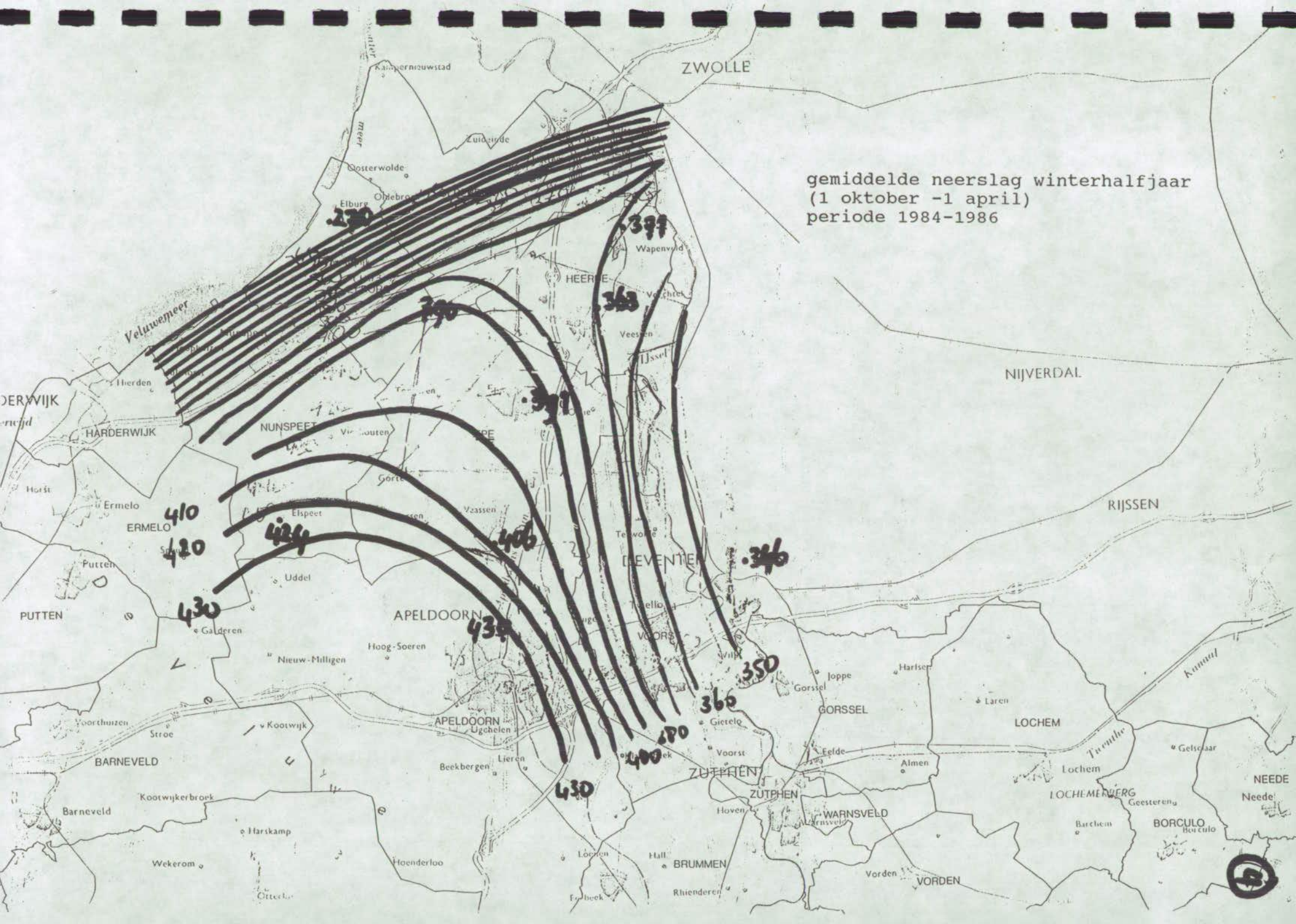
Bij de modelberekeningen is vooralsnog de Thiessenpolygoonbenadering gehandhaafd. Argumenten hierbij zijn dat:
- de verschillen tussen de winter en de zomerperiode de iso-hyetenbenadering veel complexer maakt dan de Thiessen-benadering, terwijl
- de grotere nauwkeurigheid van de iso-hyetenbenaderingen naar verwachting wegvalt tegen de onnauwkeurigheid die volgt uit de onzekerheid in de vertragingstijd en de afvlakking;
- de iso-hyetenbenadering veel extra voorbereidend rekenwerk en interpretatie vergt.

Bij de interpretatie van de modelresultaten zal echter wel rekening worden gehouden met de fout die lokaal door de simpeler Thiessen-benadering wordt geïntroduceerd.


gemiddelde neerslag zomerhalfjaar
(1 april - 1 oktober)
periode 1967-1990
ZWOLLE
HATTEM
Hattem
Ittersum
Hattemerbroek
Wezep
Oosterwolde
Oldebroek
Elburg
Zuiderzee
Wapenveld
HEERDE
Heerde
Vorchten
Veessen
IJssel
Oene
Epe
EPE
Tongeren
Vierhouten
NUNSPEET
Nunspeet
Hoophuizen
Hulshorst
Hierden
HARDERWIJK
Veluwemeer
Ermelo
ERMELO
Speuld
Putten
Elspeet
Uddel
Garderen
Nieuw-Milligen
Hoog-Soeren
APELDOORN
Apeldoorns Kan.
Niersen
Vaassen
Terwolde
DEVENTER
Twello
VOORST
Teuge
Gorssel
Joppe
GORSSEL
Harfsen
Laren
LOCHEM
Kanaal
Twenthe
Lochem
LOCHEMERBERG
Geesteren
Barchem
BORCULO
Borculo
NEEDE
Neede
Gelselaar
Eibergen
EIBERGEN
Ruurlo
Wichmond
Baak
Eefde
Almen
Gietelo
Voorst
ZUTPHEN
Hoven
WARNSVELD
Warnsveld
Klarenbeek
Lieren
Beekbergen
Ugchelen
Voorthuizen
Stroe
Kootwijk
BARNEVELD
Kootwijkerbroek
Harskamp
Wekerom
Otterlo
Hoenderloo
Lunteren
EDE
Loenen
Eerbeek
Hall
BRUMMEN
Rhienderen
Brummen
Laag-Soeren
Leuvenheim
Vorden
369
370
380
390
400
410
420
392
383
395
374
380
390
400
410
420
380
390
400
420
380


gemiddelde neerslag winterhalfjaar
(1 oktober - 1 april)
periode 1967-1990
ZWOLLE
NIJVERDAL
RIJSSEN
HATTEM
OLDEBROEK
HEERDE
NUNSPEET
HARDERWIJK
ERMELO
APELDOORN
DEVENTER
VOORST
GORSSEL
LOCHEM
ZUTPHEN
WARNSVELD
BRUMMEN
VORDEN
BORCULO
NEEDE
BARNEVELD
EDE
Veluwemeer
Kanaal
Twenthe
328
397
393
376
410
420
430
440
450
453
455
450
430
410
390


gemiddelde neerslag zomerhalfjaar
(1 april - 1 oktober)
periode 1984-1985
370
390
440
430
420
410
460
450
470
480
490
500
510
520
530
540
550
560
570
580
590
600
610
620
630
640
650
660
670
680
690
700
710
720
730
740
750
760
770
780
790
800
810
820
830
840
850
860


gemiddelde neerslag winterhalfjaar
(1 oktober -1 april)
periode 1984-1986
ZWOLLE
NIJVERDAL
RIJSSEN
Veluwemeer
HARDERWIJK
NUNSPEET
ERMELO
PUTTEN
APELDOORN
DEVENTER
VOORST
GORSSEL
LOCHEM
ZUTPHEN
WARNSVELD
BRUMMEN
VORDEN
BORCULO
NEEDE
BARNEVELD
Elburg
Oosterwolde
Zuideinde
Wapenveld
Veessen
Hierden
Ermelo
Elspeet
Uddel
Garderen
Nieuw-Milligen
Hoog-Soeren
Voorthuizen
Stroe
Kootwijk
Ugchelen
Beekbergen
Lieren
Kootwijkerbroek
Barneveld
Harskamp
Wekerom
Hoenderloo
Gietelo
Voorst
Hoven
Eefde
Almen
Joppe
Gorssel
Harfsen
Laren
Lochem
Geesteren
Barchem
Borculo
Neede
Gelselaar
Kanaal
Twenthe
Vorden
Rhienderen
Hall
Lochen
Forbeek
Vaassen
Terwolde
Tonnen
Vorchtel
Kampernieuwstad
Horst
Putten
Vierhouten
Gorter
Elburg
Oldebroek
Zuideinde
Meer
410
420
424
430
434
406
390
397
363
377
350
360
380
400
430
346

BIJLAGE 4

IJkingsresultaat waarnemingsputten/grondwatertrappen

Bijlage 4. IJkingsresultaat waarnemingsputten/grondwatertrappen

Watervoerend pakket nr. 1

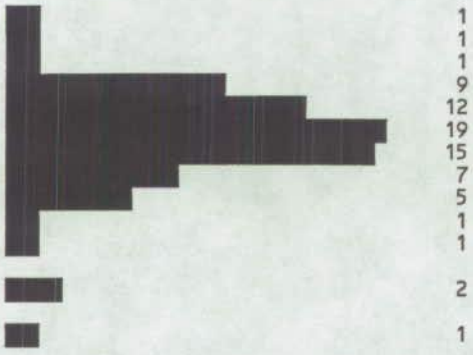
Putnummer	STIJGHOOGTEN PEILBUIZEN gem. 1	ber. 2	verschil 2-1	VERSCHIL BOVENL. gem. 4	ber. 4-3	LAAG verschil 5	VERSCHIL BOVENL. gem. 6-5	ber.	LAAG verschil	OPMERKINGEN
27BL0040	10.77	9.67	-1.1	NA	NA	NA	NA	0	NA	
27BL0044	9.58	9.39	-0.19	NA	NA	NA	NA	0.02	NA	
27BL0045	8.76	8.09	-0.67	NA	NA	NA	NA	0	NA	
27BL0046	5.54	5.61	0.07	NA	NA	NA	NA	0.03	NA	
27BP0001	9.51	12.23	2.72	NA	NA	NA	NA	0.09	NA	grote gradiënt aan mv; aan westkant waterscheiding
27BP0009	15.86	16.07	0.21	NA	NA	NA	NA	0.08	NA	
27BP0010	16.56	17.01	0.45	NA	NA	NA	NA	0.07	NA	grote gradiënt van mv
27BP0011	13.45	15.37	1.92	NA	NA	NA	NA	0.09	NA	aan westkant waterscheiding
27BP0013	14.75	14.37	-0.38	NA	NA	NA	NA	0.05	NA	
27BP0029	15.12	15.42	0.3	NA	NA	NA	NA	0.04	NA	
27BP0032	16.33	16.32	-0.01	NA	NA	NA	NA	0.06	NA	grote gradiënt aan mv
27BP0034	16.67	16.9	0.23	NA	NA	NA	NA	0.04	NA	
27BP0039	12.5	12.27	-0.23	NA	NA	NA	NA	0.02	NA	
27BP0043	8.96	9.46	0.5	NA	NA	NA	NA	0.02	NA	
27BP0079	18.03	18.13	0.1	NA	NA	NA	NA	0.06	NA	grote gradiënt aan mv
27BP0080	16.04	16.74	0.7	NA	NA	NA	NA	0.06	NA	
27BP0081	18.55	18.61	0.06	NA	NA	NA	NA	0.08	NA	grote gradiënt aan mv
27BP0082	18.98	18.76	-0.22	NA	NA	NA	NA	0.07	NA	grote gradiënt aan mv
27BP0085	15.46	16.01	0.55	NA	NA	NA	NA	0.1	NA	bij puttenveld WMG
27BP0156	18.73	18.61	-0.12	NA	NA	NA	NA	0.05	NA	
27BP0160	13.81	15.65	1.84	NA	NA	NA	NA	0.08	NA	aan westkant waterscheiding
27BP0171	14.8	14.38	-0.42	NA	NA	NA	NA	-0.03	NA	bij mid. Heerderbeek; bij ontt.32
27BP0172	13.4	12.85	-0.55	NA	NA	NA	NA	0.02	NA	bij mid. Heerderbeek
27BP0173	13.77	13.3	-0.47	NA	NA	NA	NA	0.03	NA	
27BP0174	11.22	10.88	-0.34	NA	NA	NA	NA	0.04	NA	
27DB0008	13.44	13.22	-0.22	NA	NA	NA	NA	0.05	NA	
27DB0033	8.85	9.25	0.4	NA	NA	NA	NA	0	NA	
27DL0003	16.32	17.1	0.78	NA	NA	NA	NA	0.04	NA	
27DL0013	2.4	2.88	0.48	NA	NA	NA	NA	-0.4	NA	
27DL0014	7.81	8.25	0.44	NA	NA	NA	NA	0	NA	bij Vemderbeek
27DL0016	19.49	19.03	-0.46	NA	NA	NA	NA	0.03	NA	
27DL0019	9.06	10.09	1.03	NA	NA	NA	NA	0.13	NA	bebouwde kom Epe
27DL0021	7.12	7.87	0.75	NA	NA	NA	NA	0.12	NA	bij Dorpse beek
27DL0024	3.3	2.95	-0.35	NA	NA	NA	NA	-0.05	NA	
27DL0027	5.71	5.78	0.07	NA	NA	NA	NA	-0.36	NA	
27DL0030	4.65	4.58	-0.07	NA	NA	NA	NA	-0.33	NA	
27DL0031	2.35	2.53	0.18	NA	NA	NA	NA	-0.26	NA	
27DL0032	9.75	9.63	-0.12	NA	NA	NA	NA	0	NA	
27DL0037	10.6	10.03	-0.57	NA	NA	NA	NA	0	NA	
27DL0039	6.33	7.1	0.77	NA	NA	NA	NA	-0.36	NA	
27DL0043	3.32	4.8	1.48	NA	NA	NA	NA	-0.77	NA	
27DL0101	16.53	16.34	-0.19	NA	NA	NA	NA	0.02	NA	
27DL0102	14.85	14.89	0.04	NA	NA	NA	NA	0.03	NA	
27DP0001	19.35	19.35	0	NA	NA	NA	NA	0.06	NA	
27DP0002	18.7	19.12	0.42	NA	NA	NA	NA	0.07	NA	
27DP0003	16.39	17.12	0.73	NA	NA	NA	NA	0.03	NA	
27DP0007	20.32	20.88	0.56	NA	NA	NA	NA	0.04	NA	
27DP0045	14.55	14.73	0.18	NA	NA	NA	NA	0.05	NA	
27DP0046	12.86	12.87	0.01	NA	NA	NA	NA	0.04	NA	
27DP0092	17.32	17.55	0.23	NA	NA	NA	NA	0.05	NA	
27DP0093	16.12	16.26	0.14	NA	NA	NA	NA	0.05	NA	
27DP0094	14.48	14.9	0.42	NA	NA	NA	NA	0.03	NA	
27DP0095	17.33	17.38	0.05	NA	NA	NA	NA	0.04	NA	
27DP0096	16.06	16.09	0.03	NA	NA	NA	NA	0.05	NA	
27DP0097	14.84	15.38	0.54	NA	NA	NA	NA	0.05	NA	
27DP0098	15.98	16.06	0.08	NA	NA	NA	NA	0.06	NA	
27DP0099	14.66	15	0.34	NA	NA	NA	NA	0.04	NA	
27DP0100	15.99	16.61	0.62	NA	NA	NA	NA	0.04	NA	
27DW0009	12.55	11.29	-1.26	NA	NA	NA	NA	0.05	NA	
27EL0018	2.23	2.56	0.33	NA	NA	NA	NA	0	NA	
27EL0019	2.9	3.83	0.93	NA	NA	NA	NA	-0.25	NA	
27EL0022	3.1	3.51	0.41	NA	NA	NA	NA	-0.33	NA	
27GL0003	2.46	2.64	0.18	NA	NA	NA	NA	-0.28	NA	
27GL0011	2.09	1.95	-0.14	NA	NA	NA	NA	-0.22	NA	
27GP0033	1.64	1.83	0.19	NA	NA	NA	0.04	-0.36	0.4	
27DL0105	14.4	14.77	0.37	NA	NA	NA	NA	0.04	NA	
27DL0106	15.55	15.6	0.05	NA	NA	NA	NA	-0.11	NA	
27DL0107	14	14.33	0.33	NA	NA	NA	NA	-0.01	NA	
GT1-6	19.6	19.84	0.24	NA	NA	NA	NA	-0.01	NA	grondwatertrap 6
GT2-3	19.9	19.92	0.02	NA	NA	NA	NA	0.04	NA	grondwatertrap 3
GT3-2	19.9	19.48	-0.42	NA	NA	NA	NA	0.03	NA	grondwatertrap 2
GT4-3	18	17.79	-0.21	NA	NA	NA	NA	0.04	NA	grondwatertrap 3
GT5-1	19.2	19.04	-0.16	NA	NA	NA	NA	-0.04	NA	grondwatertrap 1
GT6-3	17.2	17.19	-0.01	NA	NA	NA	NA	-0.09	NA	grondwatertrap 3
GT7-3	15.7	15.44	-0.26	NA	NA	NA	NA	-0.01	NA	grondwatertrap 3
Aantal	75									

	AFWIJKING
Minimum	-1.26
Maximum	2.72
Gemiddelde	0.19
Standaard	deviatie 0.61

HISTOGRAM

N = 75

Klassemidden	Frequentie
-1.127	1
-0.862	1
-0.597	1
-0.331	9
-0.066	12
0.199	19
0.465	15
0.73	7
0.995	5
1.261	1
1.526	1
1.791	
2.057	2
2.322	
2.587	1



	ABSOLUTEAFWIJKING
Minimum	0
Maximum	2.72
Gemiddelde	0.43

Watervoerend pakket nr. 2

Putnummer	STIJGHOOGTEN PEILBUIZEN gem. 1	ber. 2	verschil 2-1	gem. 4	ber. 4-3	verschil 5	gem. 6-5	ber.	verschil	OPMERKINGEN
27BB0095	4.61	5.31	0.7	NA	0.07	NA	NA	-0.05	NA	in bebouwde kom Heerde
27DB0047	10.39	10.35	-0.04	NA	0	NA	NA	-0.01	NA	
27EB0056	1.76	1.88	0.12	NA	0.06	NA	NA	-1.49	NA	
27GP0033	1.6	2.19	0.59	0.04	-0.36	-0.4	NA	-1.52	NA	
27GP0034	2.2	2.23	0.03	NA	-0.09	NA	NA	-1.23	NA	

Aantal 5

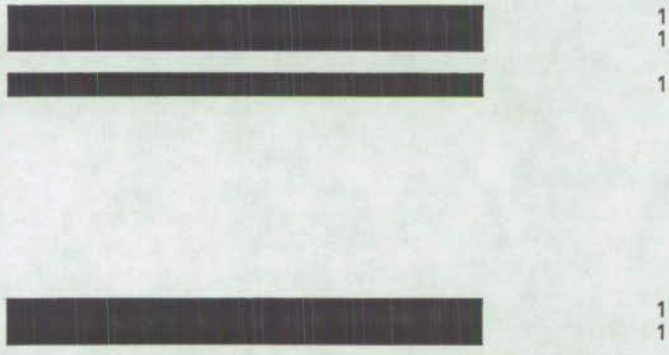
AFWIJKING

Minimum -0.04
Maximum 0.7
Gemiddelde 0.28
Standaard deviatie 0.34

HISTOGRAM

N = 5

Klassemidden Frequentie



ABSOLUTEAFWIJKING

Minimum 0.03
Maximum 0.7
Gemiddelde 0.3

Watervoerend pakket nr. 3

Putnummer	STIJGHOOGTEN PEILBUIZEN gem. 1	ber. 2	verschil 2-1	STIJGHOOGTEN PEILBUIZEN gem. 4	ber. 4-3	verschil 5	STIJGHOOGTEN PEILBUIZEN gem. 6-5	ber.	verschil	OPMERKINGEN
27BP0030	13.73	15.5	1.77	NA	0.07	NA	6.38	8.4	-2.02	
27BP0082	19	18.61	-0.39	NA	0.08	NA	NA	11.38	NA	
27BP0156	18.74	18.52	-0.22	NA	0.04	NA	10.71	11.2	-0.49	

Aantal 3

AFWIJKING

Minimum	-0.39
Maximum	1.77
Gemiddelde	0.39
Standaard deviatie	1.2

HISTOGRAM

N = 3

Klassemidden	Frequentie
-0.318	1
-0.174	1
-0.03	
0.114	
0.258	
0.402	
0.546	
0.69	
0.834	
0.978	
1.122	
1.266	
1.41	
1.554	
1.698	1

ABSOLUTEAFWIJKING

Minimum	0.22
Maximum	1.77
Gemiddelde	0.79

Watervoerend pakket nr. 4

Putnummer	STIJGHOOGTEN PEILBUIZEN gem. 1	ber. 2	verschil 2-1	STIJGHOOGTEN PEILBUIZEN gem. 4	ber. 4-3	verschil 5	STIJGHOOGTEN PEILBUIZEN gem. 6-5	ber.	verschil	OPMERKINGEN
27BP0030	7.35	7.1	-0.25	6.38	8.4	2.02	NA	NA	NA	
27BP0156	8.03	7.32	-0.71	10.71	11.2	0.49	NA	NA	NA	

Aantal 2

AFWIJKING

Minimum	-0.71
Maximum	-0.25
Gemiddelde	-0.48
Standaard deviatie	0.33

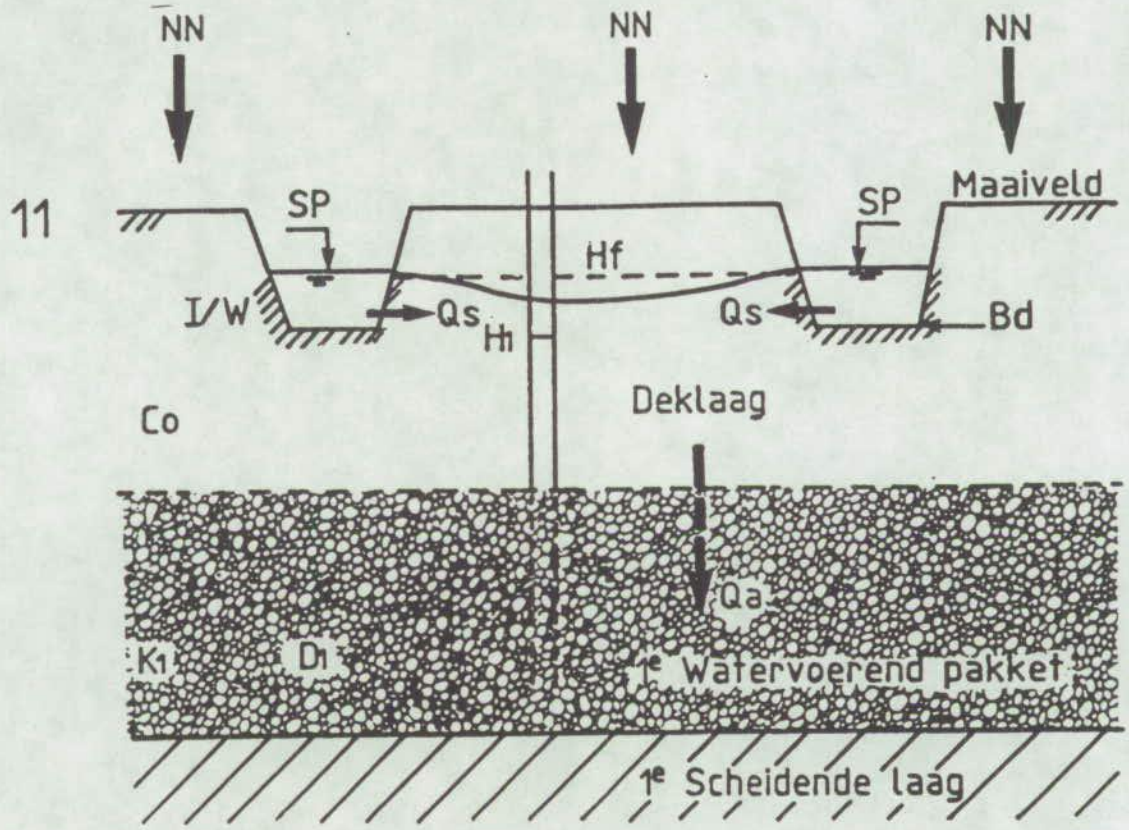
HISTOGRAM

N = 2

Klassemidden	Frequentie
-0.695	1
-0.664	
-0.633	
-0.603	
-0.572	
-0.541	
-0.511	
-0.48	
-0.449	
-0.419	
-0.388	
-0.357	
-0.327	
-0.296	
-0.265	1

ABSOLUTEAFWIJKING

Minimum	0.25
Maximum	0.71
Gemiddelde	0.48



Model invoer :

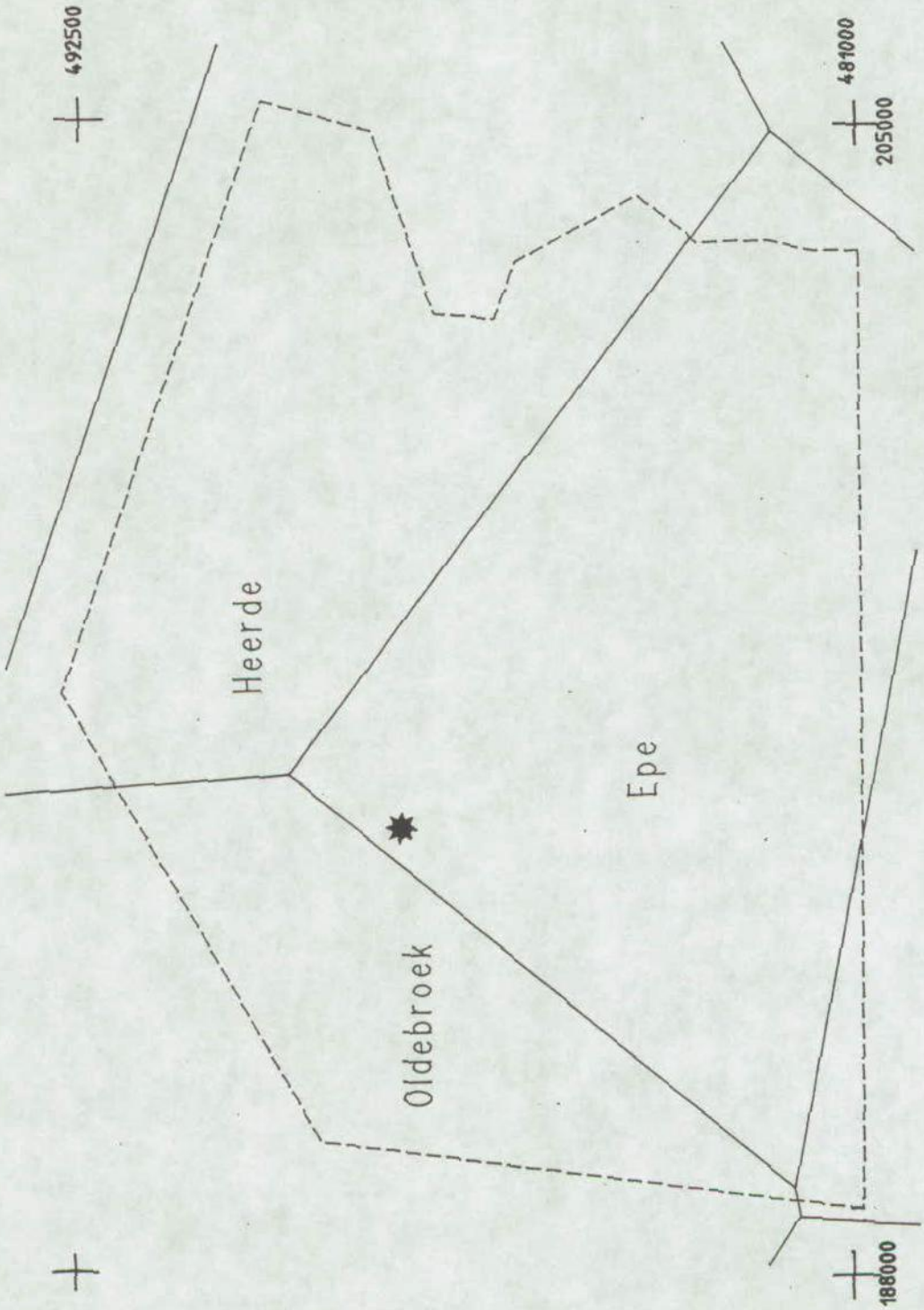
- NN = Neerslagoverschot
- Co = Hydraulische weerstand tussen maaiveld en het 1e watervoerend pakket (dagen)
- W = Drainage weerstand (m/dag)
- I = Infiltratie weerstand (m/dag)
- Bd = Diepte van slootbodem t.o.v maaiveld (m)
- K1 = Horizontale doorlatendheid 1e watervoerend pakket (m/dag)
- D1 = Dikte 1e watervoerend pakket (m)

Model uitvoer :

- Hf = Grondwaterspiegel (m)
- Sp = Slootpeil (m)
- Hh = Stijghoogte 1e watervoerend pakket (m)
- Qs = Aanvoer uit de sloten naar het grondwater in het topsysteem (m/dag)
- Qa = Afvoer van het grondwater in het topsysteem naar het 1e watervoerend pakket (m/dag)

IWACO
Adviesbureau voor water en milieu
Postbus 174, 5280 AD Boxtel
Rechterstraat 49, Boxtel
Telefoon: 04116-76946
Fax: 04116-76300

Projekt: PROEFPROJECT VERDROGING EPE				Rapport: 331.8520
Getekend: RAL	Gezien:		Datum: 21-10-1991	Figuur: 3.25
Opdrachtgever: PROVINCIE GELDERLAND				
TRIWACO TOPSYSTEEM 11				



LEGENDA:

✸ Pompstation Epe

5 Km

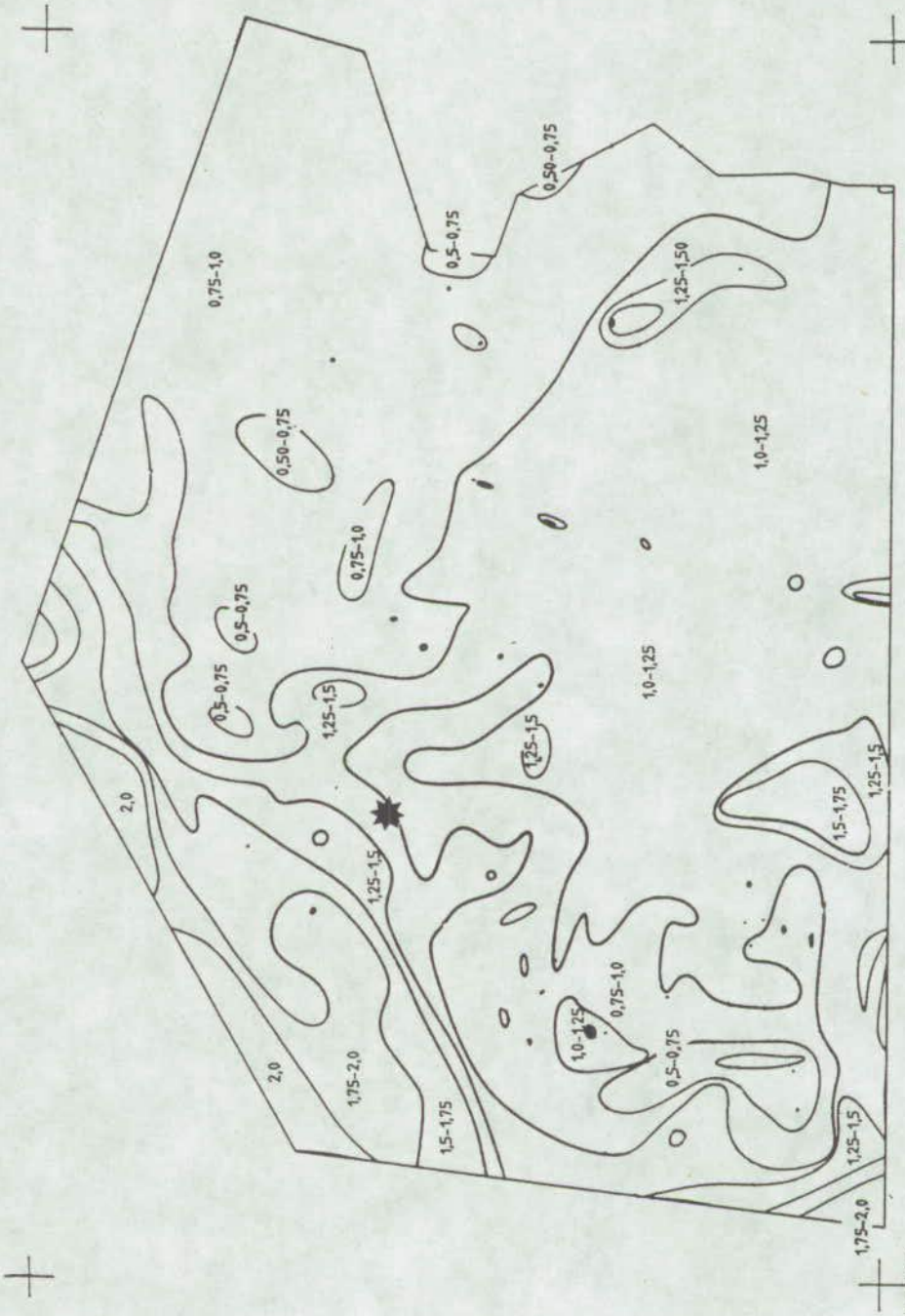
N

IWACO

Adviesbureau voor water en milieu
Postbus 174, 5280 AD Boxtel
Rechterstraat 49, Boxtel
Telefoon: 04116-76946
Fax: 04116-76300

Projekt: PROEFPROJECT VERDROGING EPE				Rapport: 331.8520
Getekend: RAL	Gezien:	Datum: 21-10-1991		Figuur: 3.26
Opdrachtgever: PROVINCIE GELDERLAND				

INVLOEDSGEBIED VAN DRIE NEERSLAGSTATIONS (THIESSEN-POLYGONEN)



LEGENDA:

Niveaulijn (in m) t.o.v. N.A.P.

Pompstation Epe

5 Km

N

IWACO

Adviesbureau voor water en milieu
Postbus 174, 5280 AD Boxtel
Rechterstraat 49, Boxtel
Telefoon: 04116-76946
Fax: 04116-76300

Projekt: PROEFPROJECT VERDROGING EPE				Rapport: 331.8520
Getekend: RAL	Gezien:		Datum: 21-10-1991	Figuur: 3,27
Opdrachtgever: PROVINCIE GELDERLAND				
GEMIDDELDE GRONDWATERAANVULLING 1985 BEREKEND MET FLUZO				