

ONTWERP PRIMAIR GRONDWATERSTANDSMEETNET GELDERLAND

**Rapport van de Begeleidingscommissie
primair grondwaterstandsmeetnet Gelderland**

**Dienst Grondwaterverkenning TNO
Rijkswaterstaat, directie Waterhuishouding en Waterbeweging
provincie Gelderland, dienst Waterbeheer**

2002363

INHOUDSOPGAVE ONTWERP PRIMAIR GRONDWATERSTANDSMEETNET GELDERLAND

	Blz.
SAMENVATTING	I
Lijst van figuren, bijlagen en kaarten	
1 Inleiding	1
2 Hydrologisch systeem en bestaand grondwaterstandsmeetnet in Gelderland	3
2.1 Het hydrologisch systeem	3
2.2 Bestaand grondwaterstandsmeetnet	6
2.2.1 terminologie bij grondwaterstandsmeting	6
2.2.2 de ontwikkeling van het bestaande grondwaterstandsmeetnet	7
3 Doel van een Gelders provinciaal grondwaterstandsmeetnet	9
3.1 Taken van het provinciaal bestuur	9
3.2 Het primair, secundair en tertiair meetnet	9
3.3 Gewenst provinciaal grondwaterstandsmeetnet	10
4 De gevolgde werkwijze bij het ontwerp van het meetnet	11
4.1 Aanpak met meetnetvarianten	11
4.2 Toegepaste technieken	11
4.3 Werkwijze bepaling meetnetdichtheid per deelgebied	12
4.4 Werkwijze verdeling van lokaties binnen de deelgebieden	14
5 Bepaling meetnetdichtheid per deelgebied	15
5.1 Verdeling meetlokaties in het eerste watervoerend pakket	15
5.1.1 gebiedsindeling eerste watervoerend pakket	15
5.1.2 de relatie meetnetdichtheid - nauwkeurigheid per deelgebied	16
5.1.3 het beleidsmatig gewicht per deelgebied	18
5.1.4 berekening meetnetdichtheid per deelgebied	20
5.2 Verdeling meetlokaties in de diepere watervoerende pakketten	21
5.2.1 gebiedsindeling diepere watervoerende pakketten	21
5.2.2 de bepaling van de meetnetdichtheid	21
6 De meetnetinrichting binnen de deelgebieden	25
6.1 Resultaten Kalmanfilter interpolatie	25
6.2 De kwaliteitscontrole in het terrein	26
7 Kosten-baten analyse meetnetvarianten	27
7.1 Kosten per variant	27
7.2 Baten meetnetdichtheid	28
7.3 Baten waarnemingsfrequentie	30
7.4 De keuze van de meetnetvariant	30
Literatuurlijst	32
Figuren	33
Bijlagen	45
Kaarten	

Lijst van figuren		blz.
figuur 1	geschematiseerde geohydrologische situatie in Gelderland	4
figuur 2	soorten waarnemingspunten	6
figuur 3	schematisatie watervoerende pakketten	7
figuur 4	het Archief van Grondwaterstanden TNO; groei van het aantal lokaties	7
figuur 5A	voorbeeld "sir"	11
figuur 5B	voorbeeld "sit"	11
figuur 6	rekenschema meetnetdichtheidskarakteristieken	17
figuur 7A t/m N	meetnetdichtheidskarakteristieken deelgebieden	35 t/m 38
figuur 8A t/m U	cumulatieve frequentietabellen Kalmanfilterinterpolatie	39 t/m 43
figuur 9	geohydrologische schematisatie	22
figuur 10	verbetering van de ruimtelijke voorspellingsnauwkeurigheid ten opzichte van de 450-variant	28

Lijst van tabellen		blz.
tabel 1	resultaten kwaliteitscontrole geautomatiseerd bestand DGV-TNO	13
tabel 2	maximale en minimale meetnetdichtheid	18
tabel 3	gevoeligheidsklassen meetnetinrichting	19
tabel 4	prioriteitsvolgorde deelgebieden eerste watervoerend pakket	20
tabel 5	gewenste ruimtelijke interpolatienauwkeurigheid (sir)	21
tabel 6	de weerstand van de kleilaag	23
tabel 7	beknopt overzicht resultaten kostenraming grondwatermeetnet	27

Lijst van bijlagen		blz.
Bijlage 1	parameters van het Kriginginterpolatiemodel voor de onderscheiden geohydrologische eenheden	47
Bijlage 2A t/m D	relatie gewenste nauwkeurigheid - prioriteit deelgebieden; respectievelijk varianten 450, 600, 800 en 1200 lokaties	48 t/m 51
Bijlage 3A t/m D	gewenst en gekozen aantal meetpunten in deelgebieden; respectievelijk varianten 450, 600, 800 en 1200 lokaties	52 t/m 55
Bijlage 4	normbedragen bij kostenraming	56
Bijlage 5	gekozen bestaande lokaties bij de meetnetvarianten	57
Bijlage 6	gekozen nieuwe lokaties bij de meetnetvarianten	58
Bijlage 7A t/m D	kostenraming meetnetvarianten: 450, 600, 800 en 600-plus	59 t/m 62
Bijlage 8	inventarisatielijst bij beoordeling grondwaterstandsmetpunten	63

Lijst van kaarten

- Kaart 1 regionale indeling in watervoerende pakketten
- Kaart 2 gebiedsindeling eerste watervoerend pakket
- Kaart 3A overzichtskaart 800 variant, meetlokaties ondiep WVP 1
- Kaart 4A overzichtskaart 600 variant, meetlokaties ondiep WVP 1
4B verbeteringenkaart 600 variant
4C₁ overzichtskaart 600 variant, meetlokaties WVP 1B plus onder schijnspiegels
4C₂ overzichtskaart 600 variant, meetlokaties WVP 2
4C₃ overzichtskaart 600 variant, meetlokaties WVP 3
- Kaart 5A overzichtskaart 450 variant, meetlokaties ondiep WVP 1
- Kaart 6A contourlijnkaart sir; huidig meetnet; WVP 1
6B contourlijnkaart sir; 800 variant; WVP 1
6C contourlijnkaart sir; 600 variant; WVP 1
- Kaart 7A lokatiekaart sit; WVP 1
7B lokatiekaart sit; holocene deklaag
7C lokatiekaart sit; WVP 1B
7D lokatiekaart sit; WVP 2
- Kaart 8 overzichtskaart bestaande verplichte secundaire grondwaterstandsmetnetten

SAMENVATTING

In opdracht van het provinciaal bestuur van de provincie Gelderland en Rijkswaterstaat, Directie Waterhuishouding en Waterbeweging, is door de Dienst Grondwaterverkenning TNO en dienst Waterbeheer een studie verricht naar de opzet en inrichting van een primair grondwaterstandsmeetnet voor Gelderland. Dit net zal deel gaan uitmaken van een landelijk grondwaterstandsmeetnet.

De aanleiding tot deze opdracht was tweeledig:

- 1 een aanzienlijke vergroting van het provinciale belang bij een goed grondwaterstandsmeetnet ten gevolge van de uitbreiding van de provinciale beheerstaken in het kader van de nieuwe Grondwaterwet;
- 2 de opdracht van Rijkswaterstaat tot een optimalisatie van het bestaande landelijke grondwaterstandsmeetnet, aan de Dienst Grondwaterverkenning TNO.

De studie is uitgevoerd van oktober 1983 tot oktober 1984.

In het ontwerp van het primaire meetnet zijn twee stappen te onderscheiden:

- 1 het ontwerpen van de ruimtelijke configuratie van grondwaterstandsmeetpunten;
- 2 het vaststellen van de waarnemingsfrequentie.

Het ontwerp van het primaire meetnet heeft globaal als volgt plaatsgevonden.

Er zijn in Gelderland drie regionale watervoerende pakketten onderscheiden. De scheidende lagen zijn echter niet overal aanwezig. Per watervoerend pakket is een gebiedsindeling opgesteld. De belangen betrokken bij grondwater hangen vooral nauw samen met de grondwaterstand in het eerste watervoerend pakket. Bij de diepere watervoerende pakketten is om deze reden met name het effect van een ingreep in een dieper watervoerend pakket op de grondwaterstand van het bovenliggende eerste watervoerend pakket van belang. Het eerste watervoerend pakket is onderscheiden in 23 geohydrologisch- en waterhuishoudkundig homogeen veronderstelde deelgebieden.

Per deelgebied is bepaald:

- a de correlatiestructuur in ruimte en tijd en de hieraan gerelateerde criteria met betrekking tot de nauwkeurigheid van een voorspelling van de grondwaterstand;
- b de beleidsmatige waardering als resultante van de gevoeligheid voor wijzigingen binnen het grondwaterregime (ten aanzien van landbouw, natuur en landschap en zettingen) en het geraamde aantal door de provincie te verstrekken adviezen in de komende 10 jaar.

De correlatiestructuur in de ruimte en de beleidsmatige waardering van de deelgebieden zijn bepalend voor de verdeling van waarnemingspunten over Gelderland.

Met betrekking tot de frequentie van waarnemen kan geconcludeerd worden dat voor Gelderland een waarnemingsfrequentie van tweemaal per maand een minimum lijkt.

De baten behorend bij verschillende meetnetdichtheden zijn in tegenstelling tot de overeenkomstige kosten niet eenvoudig te kwantificeren. Een vaststelling van een "optimaal" grondwaterstandsmeetnet is om deze reden niet direct te becijferen. Door nu een aantal meetnetvarianten met een totaalhoeveelheid van afgerond respectievelijk "1300", "800", "600" en "450" meetlocaties in Gelderland gedetailleerd uit te werken, wordt het inzicht in de overeenkomstige baten aanzienlijk vergroot.

Ten aanzien van de termijn van advisering zijn twee typen adviezen onderscheiden, namelijk: advisering op zeer korte termijn (binnen één maand) en advisering op langere termijn (3 tot 6 maanden). Advisering op zeer korte termijn komt weinig voor. Er is om deze reden veelal voldoende ruimte om enkele meetpunten bij te plaatsen en hierin aanvullende waarnemingen van de grondwaterstand te verrichten.

Bij de afweging van de varianten "450", "600", "800" en "1300" is duidelijk dat twee varianten vrijwel direct afvallen. De variant "450" levert té weinig informatie; de variant "1300" is veel te duur. De varianten "600" en "800" meetlocaties maken beide gebruik van relatief veel bestaande meetlocaties. Het verschil in jaarlijkse kosten is echter groot. Naar verwachting zullen de baten behorend bij de "800" variant kunnen worden benaderd door een meetnet met "600" vaste locaties in combinatie met een klein aantal tijdelijke meetpunten. Dit is de zogenaamde "600+" variant.

Na afweging van de kosten en baten bij de "800" variant ten opzichte van de "600+" variant is de begeleidingsgroep tot de conclusie gekomen dat gekozen zou moeten worden voor de "600+" variant.

Het ontworpen grondwaterstandsmeetnet is gevormd naar de huidige inzichten, gebaseerd op uitgangspunten, doelstellingen en accenten zoals die op dit moment gelden. Een periodieke evaluatie van het ontworpen grondwaterstandsmeetnet met betrekking tot de beleidsmatige uitgangspunten en/of de vergrote kennis van het geohydrologische systeem verdient hierbij aanbeveling.

Hoofdstuk 1 Inleiding

Het Archief van Grondwaterstanden TNO heeft een landelijk grondwaterstandsmetnet onder zijn hoede. Vanaf de oprichting in 1948 is dit meetnet voortdurend gegroeid door opname van grondwaterstandsmetpunten die door verschillende instanties en voor verschillende doeleinden zijn geplaatst. De totale configuratie van meetpunten behorend tot dit historisch gegroeide meetnet, is daarom niet systematisch opgezet. Het wordt bij gebrek aan middelen slechts beperkt onderhouden. De bruikbaarheid van de reeds bestaande meetpunten voor o.a. het waterbeheer van de provincie verschilt hierdoor sterk.

Als gevolg van deze groei en de toenemende raadpleging van het Archief ontstond in de zeventiger jaren behoefte aan een meer gestroomlijnde gegevensverwerking, een vergroting van de kwaliteit van de gegevens en een optimalisatie van het meetnet. In 1979 werd door Rijkswaterstaat, directie Waterhuishouding en Waterbeweging aan de Dienst Grondwaterverkenning TNO een meerjarige opdracht verstrekt ten einde te komen tot een "optimaal" grondwaterstandsmetnet en gegevensbestand, mede om de beheerskosten te beperken. In dit kader is bij de Dienst Grondwaterverkenning TNO onder andere theoretisch onderzoek verricht naar meetnetcriteria en optimalisatietechnieken. Dit onderzoek leidde tot de ontwikkeling van diverse technieken, die toegepast op de bestaande waarnemingsreeksen en met gebruikmaking van de aanwezige kennis van de geohydrologie, een hulpmiddel vormen bij de meetnetherziening.

De Grondwaterwet die vanaf 1982 artikelgewijs van kracht is geworden heeft de bestaande taken van de provinciale besturen op het gebied van het waterbeheer aanzienlijk uitgebreid. De wet beperkt zich tot regelingen met betrekking tot grondwateronttrekkingen die met behulp van een inrichting plaatsvinden en over infiltraties tot aanvulling van het grondwater met het oog op het later terugwinnen. Tevens worden de provincies verplicht tot de opstelling en het op geregelde tijden herzien van een grondwaterplan, waarin onder andere de provinciale beleidsvoornemens geformuleerd zullen worden.

De uit verschillende wettelijke kaders voortkomende provinciale taken op het gebied van het waterbeheer dienen uitgevoerd te worden op basis van geohydrologische en waterhuishoudkundige kennis; een betrouwbaar grondwaterstandsmetnet is hiervoor één van de vereisten.

In verband met deze provinciale taken werd door de Hoofden Natte Afdelingen van provinciale waterstaatsdiensten (HNA) een werkgroep Grondwaterbeheer ingesteld. Deze werkgroep inventariseerde een aantal aspecten van de inrichting, het beheer en de gegevensverwerking van een grondwaterstandsmetnet. In 1982 werd een overleggroep ingesteld met HNA-leden, vertegenwoordigers van Rijkswaterstaat en de Dienst Grondwaterverkenning TNO met als doel het uitwerken van richtlijnen voor een grondwaterstandsmetnet. In 1984 werd door deze overleggroep een interim-rapport uitgebracht waarin voorgesteld werd te streven naar één landelijk basismetnet bestaande uit de som van de verschillende "primaire" provinciale grondwaterstandsmetnetten.

Om een landelijk basismetnet respectievelijk een primair grondwaterstandsmetnet te kunnen realiseren is samenwerking tussen de provinciale waterstaatsdiensten, Rijkswaterstaat en de Dienst Grondwaterverkenning TNO een vereiste. In dit kader werd door de dienst Waterbeheer van de provincie Gelderland en Rijkswaterstaat directie Waterhuishouding en Waterbeweging aan de Dienst Grondwaterverkenning TNO een opdracht verstrekt tot het ontwerp van een meetnetinrichtingsplan voor de provincie Gelderland. Een aanzienlijk deel van de werkzaamheden zou hierbij door de dienst Waterbeheer worden uitgevoerd.

In het voorliggende rapport wordt de gevolgde methode bij de totstandkoming van het ontwerp van het Gelderse primaire grondwaterstandsmeetnet nader uiteengezet. In het tweede hoofdstuk zal een korte beschouwing worden gegeven van het hydrologisch systeem en het bestaande grondwaterstandsmeetnet in Gelderland. In hoofdstuk drie zal het doel van een provinciaal primair grondwaterstandsmeetnet worden toegelicht. In hoofdstuk vier wordt nader ingegaan op de aanpak en werkwijze bij het ontwerp van het primaire meetnet. In hoofdstuk vijf wordt de verdeling van meetpunten over de onderscheiden deelgebieden in Gelderland toegelicht. Vervolgens wordt in hoofdstuk zes de meetnetinrichting binnen deze deelgebieden nader uitgewerkt. In hoofdstuk zeven volgt een kosten-batenanalyse tussen de meetnetvarianten en een toelichting op de keuze van de gewenste variant.

Het onderzoek is uitgevoerd door ing. M.J. van Bracht van afdeling Grondwatermeetnet van de Dienst Grondwaterverkenning TNO (DGV-TNO) en ing. H.F.J. Kempen van afdeling Waterhuishoudkundig onderzoek van de dienst Waterbeheer (WB) met medewerking van H.J. Hummelman (datavoorbereiding en toepassing rekentechnieken) en ir. H.M. Pars en H. Houtman (kwaliteitscontrole databestand) van DGV-TNO, ir. P.R. Defize (statistische ondersteuning) van IWIS-TNO, ing. G.P. Meyers en ing. J. Feringa (beleidsmatige aspecten) en drs. R.G.V.A. Verkooyen (algemene assistentie) van dienst Waterbeheer. Teken- en typewerk is verzorgd door de provincie Gelderland.

Dit onderzoek werd geleid door een begeleidingscommissie.

De begeleidingscommissie was als volgt samengesteld:

- drs. E. Romijn; dienst Waterbeheer; voorzitter
- ing. H.F.J. Kempen; dienst Waterbeheer; secretaris
- ir. P. Huisman; Rijkswaterstaat, directie Waterhuishouding en Waterbeweging; tot 1-9-1984
- ir. F. Rutgers; Rijkswaterstaat, directie Waterhuishouding en Waterbeweging; na 1-9-1984
- ir. J. Kooyman; dienst Grondwaterverkenning TNO
- ing. M.J. van Bracht; dienst Grondwaterverkenning TNO
- H.J. Brinkhof; dienst Waterbeheer
- ing. G.P. Meyers; dienst Waterbeheer

HOOFDSTUK 2 Hydrologisch systeem en bestaand meetnet in Gelderland

2.1 Het hydrologische systeem

De stuwwalcomplexen van de Veluwe, de Utrechtse Heuvelrug, het Montferland en het Rijk van Nijmegen bestaan voornamelijk uit zandige sedimenten. Het neerslagoverschot van de hogere gedeelten van deze gebieden wordt dan ook grotendeels als infiltratiewater ondergronds afgevoerd. De lager gelegen zandgronden wateren op natuurlijke wijze af op beken, rivieren of kanalen. De afwatering van de laaggelegen rivierkleigronden geschiedt meestal direct op de grote rivieren. Gelderland kan worden onderverdeeld in enkele afwateringsgebieden te weten: het IJsselmeer (Veluwe en Gelderse Vallei), de IJssel (Veluwe en Achterhoek) en de Grote Rivieren (Betuwe).

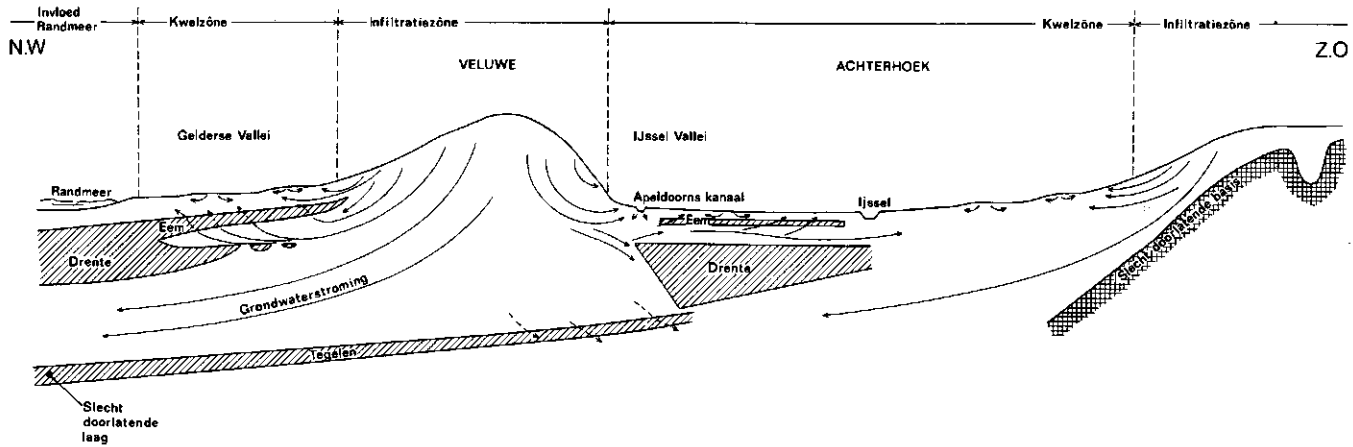
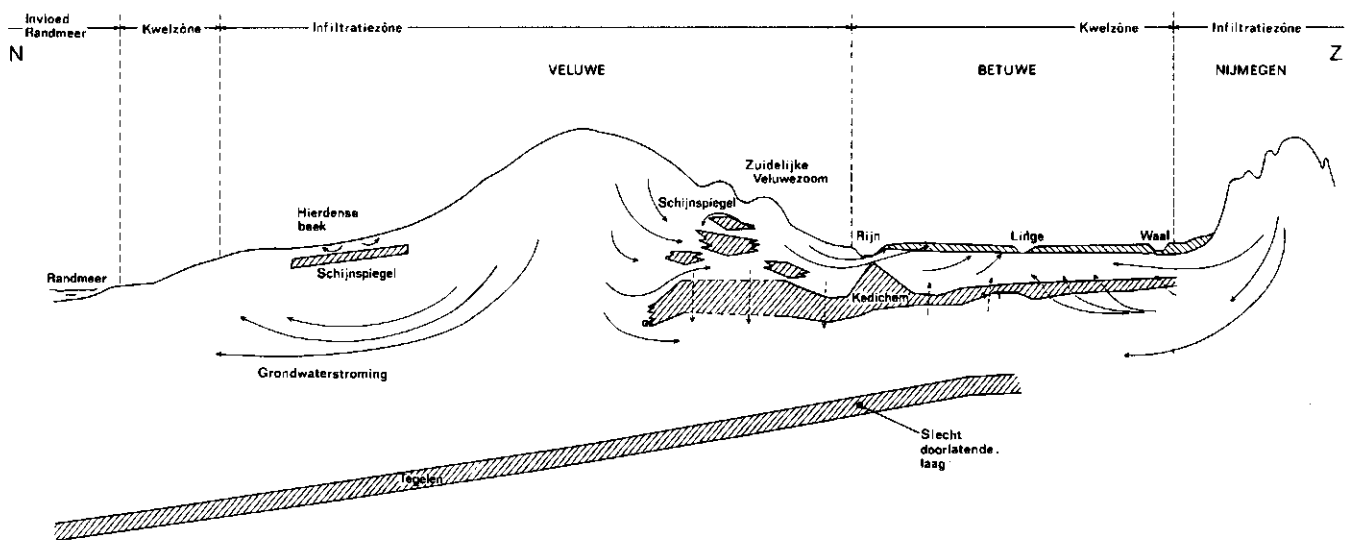
In de provincie Gelderland zijn vooral twee bodemtypen van belang: rivierkleigronden en zandgronden. In het Rivierengebied worden rivierkleigronden aangetroffen, onder te verdelen in oeverwallen, stroomruggronden en komkleigronden. Vooral de laatste grondsoort kan zeer compact en ondoorlatend zijn. De zandgronden vinden we vooral op de stuwwalcomplexen, de Gelderse Vallei en de Achterhoek. In de laatste gebieden komen evenals in de IJssel Vallei, tevens dikke dekzandpakketten voor. Grove grindhoudende zanden komen voornamelijk in de gestuwde gebieden voor.

De geohydrologische opbouw van de ondergrond van de provincie Gelderland wordt voornamelijk bepaald door de positie van kleilagen in de overwegend zandige lagen waaruit het pleistocene bekken van Nederland hoofdzakelijk bestaat. De hydrologische basis van dit bekken wordt gevormd door kleiige formaties uit het oud-pleistoceen of tertiair. In het oosten van de provincie spelen soms nog oudere sedimenten een rol. Een overzicht van de in Gelderland voorkomende regionale scheidende lagen en de te onderscheiden watervoerende pakketten is weergegeven op kaart 1.

De provincie kan geohydrologisch verdeeld worden in een vijftal gebieden die elk hun eigen karakteristieke opbouw van de ondergrond hebben. Het zijn achtereenvolgens de Achterhoek, de IJssel Vallei, de Veluwe, de Gelderse Vallei en de Betuwe. In figuur 1 zijn deze gebieden geschematiseerd weergegeven.

De geohydrologie van de **Achterhoek** is relatief eenvoudig; er is slechts één watervoerend pakket. De ondoorlatende basis van dit pakket wordt gevormd door oud-pleistocene kleilagen, tertiaire kleien en soms zelfs mesozoïsche afzettingen. De basis komt in westelijke richting steeds dieper te liggen de dikte van de watervoerende lagen wordt overeenkomstig steeds groter.

In de **IJssel Vallei** wordt een complexere opbouw aangetroffen. Hier is sprake van twee watervoerende pakketten gescheiden door een slecht doorlatende laag. Deze laag wordt gevormd door kleiige afzettingen van de Formatie van Drente welke plaatselijk zeer dik zijn (meer dan tachtig meter). Boven de formatie bevindt zich het eerste watervoerende pakket waarin plaatselijk een relatief dun pakket kleiige afzettingen van de Eem Formatie kan voorkomen. Deze kleiige lagen worden echter niet als regionale scheidende laag erkend. Het tweede watervoerende pakket bevindt zich onder de Formatie van Drente.



figuur 1 geschematiseerde geohydrologische situatie in Gelderland

Ook bij de **Veluwe** is er sprake van twee watervoerende pakketten.

Het eerste watervoerende pakket wordt gevormd door het gestuwde Veluwe complex. De basis hiervan wordt gevormd door de kleiige afzettingen van de Formatie van Tegelen. De kleiige afzettingen van deze formatie en eventueel die van de Formatie van Maassluis, vormen de scheidende laag tussen de beide watervoerende pakketten. Het is niet bekend hoe groot het scheidend vermogen van deze laag is. Van de Zuid-Veluwe naar het noorden toe komt de basis van het eerste watervoerende pakket steeds dieper te liggen (van NAP-80 m naar NAP-200 m). Tevens daalt het maaiveld naar het noorden zodat de dikte van het eerste watervoerende pakket een dikte van 150 á 200 m blijft houden. Het tweede watervoerende pakket bevindt zich onder de Formatie van Tegelen.

De afzettingen in de **Gelderse Vallei** zijn bovenin niet gestuwd.

In het noordelijke gedeelte van dit gebied bevinden zich twee of drie watervoerende pakketten. De eerste scheidende laag wordt hier gevormd door de kleiige afzettingen van de Formatie van Drente, lokaal samen met die van de Eem Formatie. Wanneer deze laatste formatie apart voorkomt wordt ze in dit rapport niet als scheidende laag erkend. Beide formaties samen kunnen een zeer dikke kleilaag vormen (zestig meter onder Zuidelijk Flevoland). In het centrale gedeelte van de vallei ontbreken aaneengesloten kleilagen van de Formatie van Drente. In het zuiden, tussen Lunteren en Wageningen, komen nog wel kleiige lagen voor maar de dikte is hier meestal gering. De tweede scheidende laag wordt gevormd door de kleiige afzettingen van de Formaties van Tegelen en eventueel Maassluis. In het centrale gedeelte van de vallei worden ze als eerste scheidende laag aangetroffen omdat de Drente-klei hier ontbreekt. De Formatie van Tegelen komt van zuid naar noord geleidelijk aan dieper te liggen; van ca. NAP-80 m onder Wageningen tot ca. NAP-200 m onder Zuidelijk Flevoland.

In de westelijke **Betuwe** worden tot Tiel de volgende scheidende lagen aangetroffen: de Formatie van Kedichem vormt de eerste, de Formatie van Tegelen de tweede scheidende laag. De laatstgenoemde bevindt zich direct onder de Formatie van Kedichem. In de omgeving van Leerdam vormen beide Formaties lokaal één scheidende laag. Het tweede watervoerende pakket is gemiddeld ca. zestig meter dik. In de omgeving van Kerkdriel komt nog een derde scheidende laag voor behorende tot de Formatie van Oosterhout.

In de oostelijke Betuwe vormen de Formaties van Kedichem en Drente de eerste scheidende laag, maar de dikte van deze laag is hier aanzienlijk minder. In de omgeving van Beneden-Leeuwen ontbreken deze afzettingen. Ook het eerste watervoerende pakket is aanzienlijk dunner. In het noorden kan men nog de Formatie van Tegelen als scheidende laag herkennen, in het zuiden is deze afwezig. In de omgeving van Nijmegen kan men zodoende het totale pleistocene pakket als één watervoerend pakket opvatten tot aan de hydrologische basis toe.

Voor een gedetailleerde beschrijving van de geohydrologie van Gelderland wordt verwezen naar het rapport: "De geohydrologische beschrijving van de provincie Gelderland" (Grootjans, 1984).

2.2 Bestaand grondwaterstandsmetnet

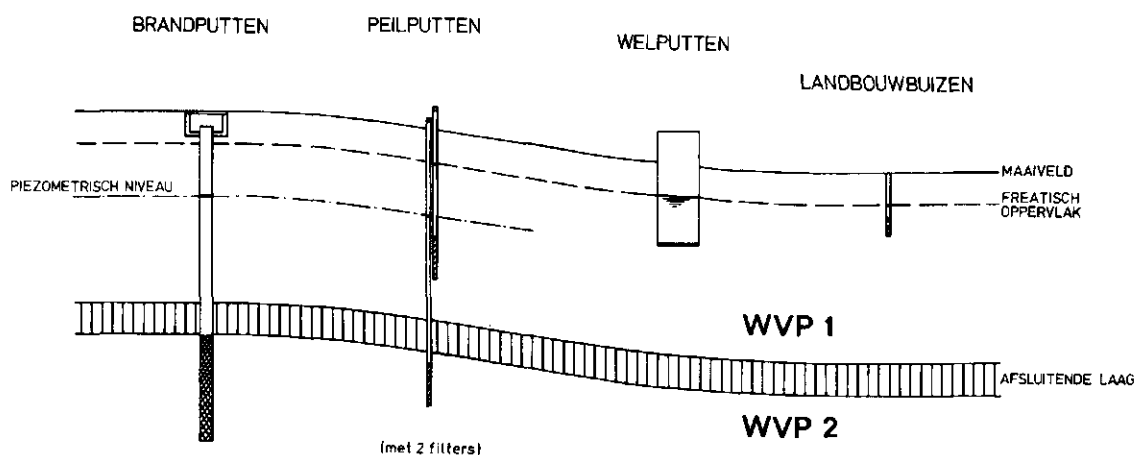
De belangen betrokken bij het grondwater stellen van plaats tot plaats variërende eisen aan het grondwaterregime. Deze eisen kunnen tegenstrijdig zijn. Om deze reden is het belangrijk de stand van het grondwater door middel van metingen te leren kennen en te registreren.

2.2.1 Terminologie bij grondwaterstandsmeting

Het waarnemen van de grondwaterstand geschiedt voornamelijk met behulp van peilbuizen (tot 5 meter beneden maaiveld) waarmee veelal het freatisch niveau (de ondiepe grondwaterstand die vrij onder maaiveld ligt) kan worden geregistreerd en in peilputten voor het opnemen van de stijghoogte in de diepere watervoerende pakketten (WVP).

Dienst Grondwaterverkenning TNO onderscheidt ook nog brandputten, dit zijn buizen of putten met een lang filter dat soms verschillende watervoerende pakketten doorsnijdt (zie figuur 2).

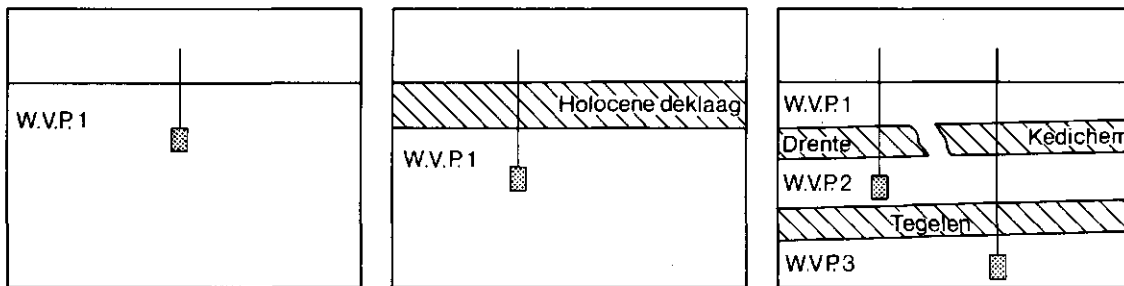
De lokaties van de buizen en putten samen worden waarnemingspunten of grondwaterstandsmetpunten genoemd. Eén waarnemingspunt kan verschillende grondwaterstandsbuizen en/of stijghoogtebuizen bevatten.



Figuur 2 soorten waarnemingspunten

Onder de term "meetnet" wordt hierbij verstaan een stelsel van al of niet thans reeds bestaande peilbuizen of peilputten, waarvan de gegevens dienen om een inzicht te geven in de grondwaterstanden, stijghoogten en stromingen in de verschillende watervoerende lagen. Geohydrologisch zijn in Gelderland de volgende situaties te onderscheiden waarin grondwaterstandsmetpunten kunnen voorkomen:

- freatisch grondwater van het eerste watervoerend pakket;
- grondwater van het eerste watervoerend pakket onder een deklaag;
- grondwater in een dieper watervoerend pakket.



ad a freatisch WVP 1:
boven de waarnemingsfilters is geen kleilaag aanwezig

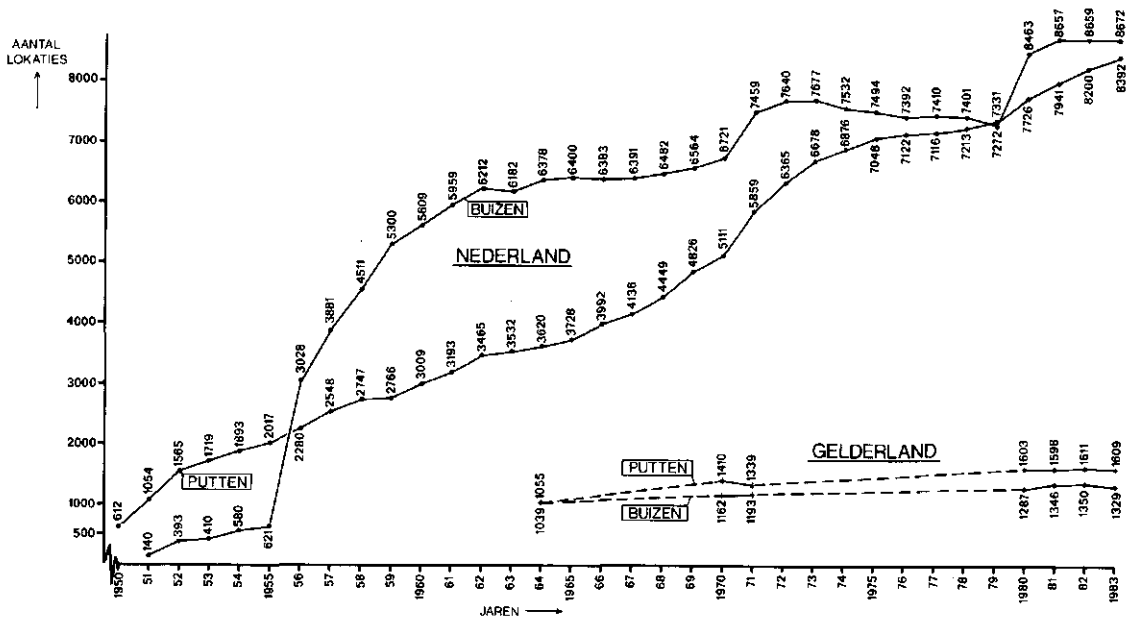
ad b WVP 1:
boven de waarnemingsfilters is een kleilaag (deklaag) aanwezig die grenst aan het maaiveld

ad c dieper WVP:
boven de waarnemingsfilters is een dieper liggende kleilaag aanwezig

figuur 3: schematisatie watervoerende pakketten

2.2.2 De ontwikkeling van het bestaande grondwaterstandsmeetnet

In het Archief van Grondwaterstanden TNO worden de gemeten grondwaterstandsgegevens uit het hele land centraal opgeslagen. De stormachtige groei van het aantal meetpunten waarvan de waarnemingen zijn opgeslagen in dit archief en de bijdrage hierin door meetpunten in de provincie Gelderland is geïllustreerd in de onderstaande figuur 4.



figuur 4: situatie Archief van Grondwaterstanden DGV-TNO; groei van het aantal lokaties

- Putten - Brandputten, peilputten en welputten (mogelijk verschillende filters)
- Buizen - Landbouwbuisen
- - Totaal Nederland
- ◆ - Totaal Gelderland incl. Oostelijk en Zuidelijk Flevoland

Bijzondere waarnemingslokaties

De onttrekking van water aan de bodem werd tot voor kort voor wat betreft de waterleidingbedrijven geregeld in de Grondwaterwet waterleidingbedrijven. Voor overige grondwateronttrekkingen c.q. infiltraties is de Provinciale grondwaterverordening van kracht. Afhankelijk van de hoeveelheid per tijdseenheid en de aard van de onttrekking is een vergunning vereist. Aan het verlenen van een vergunning kan de verplichting worden verbonden tot het plaatsen van waarnemingspunten en het verrichten van waarnemingen van de stijghoogte of van de grondwaterstand. In dergelijke gevallen dienen de waarnemingen opgestuurd te worden naar het Archief van Grondwaterstanden van de Dienst Grondwaterverkenning TNO.

Op kaart 8 is de huidige stand van zaken met betrekking tot de verplichte, "secundaire", grondwaterstandmeetpunten weergegeven voor die situaties waarbij reeds een vergunning is afgegeven of waar door de provincie hieromtrent positief is geadviseerd.

De dichtheid

De grootste dichtheid van het bestaande grondwaterstandsmeetnet treft men aan in de directe omgeving van de drinkwaterpompstations, nabij de bebouwde kom van enkele dorpen en steden en in de zone langs de randmeren. Een relatief geringe dichtheid van het meetnet wordt in het oostelijk deel van de Achterhoek en op de hoge delen van de Veluwe aangetroffen. Peilputten met filterstellingen op verschillende diepten worden het meest aangetroffen in de nabijheid van drinkwaterpompstations.

De waarnemingsfrequentie

De waarnemingsfrequentie bedraagt in het algemeen tweemaal per maand of viermaal per jaar. In enkele gevallen komen afwijkende waarnemingsintervallen voor. Een waarnemingsfrequentie van viermaal per jaar overheerst bij de peilbuizen. De peilputten in Gelderland worden veelal tweemaal per maand waargenomen. De waarnemingsfrequentie van de huidige verplichte waarnemingslokaties is in het algemeen tweemaal per maand. Een uitzondering hierop is het secundaire meetnet rond pompstation Putten, waar de frequentie is vastgesteld op viermaal per jaar.

HOOFDSTUK 3 Doel van een Gelders provinciaal grondwaterstandsmeetnet

3.1 Taken van het provinciaal bestuur

Vanuit de taak van de grondwaterbeheerder zullen gelet op de proceduretijd bij advisering op korte - (binnen 3 maanden) of langere termijn (3 tot 6 maanden) adviezen dienen te worden gegeven. Deze adviezen vereisen een adequate kennis van het geohydrologische - en waterhuishoudkundige systeem. Gefundeerde uitspraken in het kader van dit beheer zijn alleen mogelijk indien zij berusten op objectieve gegevens van de huidige situatie van het grondwaterregime, zoals bijvoorbeeld het verloop in de tijd van grondwaterstanden en -stijghoogten. Naast een afstemming van het grondwaterstandsmeetnet op de provinciale taken is het meetnet afhankelijk van het geohydrologische systeem. Aangezien de grootte en richting van de grondwaterstroming een afgeleide is van de stijghoogte, is deze laatstgenoemde de dominerende grootte in dit proces.

De door de provincie te verstrekken adviezen waarvoor grondwaterstandsgegevens zijn vereist, zijn als volgt te onderscheiden:

- 1 adviezen over gevolgen van aangevraagde grondwateronttrekkingen, eventueel onder te verdelen in categorieën (bronbemaling, beregening, industrie/waterleiding) of grootte-klassen (0 - 100.000 m³/jaar, 100.000 - 500.000 m³/jaar en meer dan 500.000 m³/jaar);
- 2 adviezen met betrekking tot het oppervlaktewaterbeheer van het buitengebied (stuwbeheer, ontwateringsmaatregelen landbouwgebieden e.d.);
- 3 adviezen met betrekking tot grond- en oppervlaktewaterbeheer van het stedelijk gebied (ontwateringseisen, maatregelen tegen wateroverlast e.d.);
- 4 adviezen over effecten van ontgrondingen;
- 5 adviezen samenhangend met het milieu (stroomrichting en -snelheid bij verontreinigingen en bij gecontroleerde stortplaatsen).

Overige aanvullende informatiebronnen die naast de gemeten grondwaterstanden bij de advisering een belangrijke rol spelen zijn als volgt beknopt weer te geven:

- een karakterisering van het lokale grondwaterregime (bijvoorbeeld de Grondwatertrap);
- de waterhuishoudkundige situatie (oppervlaktewaterpeilen e.d.);
- de topografie, morfologie en geologie;
- de bodemkaart en geohydrologische informatie (bodemparemeters, opbouw e.d.);
- resultaten van terreinbezoek; lokale kennis en ervaring.

3.2 Het primair, secundair en tertiair meetnet

In het eerste rapport van de grondwaterwerkgroep van de Hoofden Natte Afdelingen provinciale Waterstaatsdiensten (HNA) genaamd "Grondwatermeetnet; noodzaak en gevolgen" (1981) werden grondwaterstandsmeetnetten als volgt onderverdeeld en gedefinieerd:

- a een zogenaamd **primair meetnet**, zodanig ontworpen dat de daaruit te verkrijgen gegevens elk voor zich representatief zijn voor een nader te specificeren, gewogen gebiedsareaal en als zodanig gezamenlijk een goed beeld in grote lijnen geven van de grondwatersituatie voor het beheersgebied in zijn totaliteit en van de grootschalige variaties die daarin ten gevolge van natuurlijke oorzaken over langere duur optreden.
- b Een zogenaamd **secundair meetnet**, zodanig ontworpen dat de daaruit te verkrijgen gegevens een voldoende gedetailleerd beeld opleveren van de grondwatersituatie in die delen van het beheersgebied waardoor met name menselijke ingrepen wijzigingen en/of variaties in de grondwatersituatie zijn opgetreden of naar verwachting zullen optreden.

- c Een zogenaamd **tertiair meetnet**, zodanig ontworpen dat de daaruit te verkrijgen gegevens een sterk gedetailleerd beeld bieden van die plaatsen binnen het beheersgebied, waar door kortstondige specifieke menselijke ingrepen veranderingen in de grondwaterstromingssituatie worden veroorzaakt.

De achtergrond bij deze indeling is dat met het primaire grondwaterstandsmeetnet op regionale schaal in grote lijnen het gedrag van het grondwater kan worden gevolgd en dat het kan dienen als een permanent onderhouden referentienet waarmee een koppeling kan plaatsvinden met lokaal verdichte secundaire of tertiaire meetnetten. Bij secundaire meetnetten is gedacht aan lokale ingrepen op het grondwaterregime van langdurige aard (bijvoorbeeld drinkwaterpompstations), en bij tertiaire meetnetten aan die van korte duur (bijvoorbeeld bronbemalingen).

Het **landelijk basismetnet** wordt in principe gevormd door de som van de primaire meetnetten van de afzonderlijke provincies.

3.3 Gewenst provinciaal grondwaterstandsmeetnet

De doelstelling van het primaire grondwaterstandsmeetnet in Gelderland is tweeledig:

- 1 een karakterisering van het geohydrologische regime op regionale schaal;
- 2 een referentiefunctie, zodanig dat een koppeling met andere meetpunten mogelijk is, welke ten behoeve van de vergunningverlening en de plannen en onderzoeken met betrekking tot het grondwaterbeheer in de gehele provincie nodig zijn.

Bij de formulering van de doelstelling van de provincie Gelderland is uitgegaan van de achtergrondgedachte dat het primaire regionale grondwaterstandsmeetnet de natuurlijke, zo min mogelijk verstoorde, grondwatersituatie dient vast te leggen. Indien regionaal de menselijke invloed op het hydrologische systeem overweegt zal in een enkel geval, zoals bijvoorbeeld in de Zuidelijke Veluwezoom, van bovenstaande definitie afgeweken moeten worden.

Gezien de geohydrologische en hydrochemische situatie in Gelderland zal bij de inrichting van het primaire meetnet geen rekening worden gehouden met aspecten met betrekking tot verzilting. Gelet de praktische en financiële haalbaarheid van het te ontwerpen meetnet is het belangrijk te streven naar een zo optimaal mogelijke verhouding tussen de hoeveelheid meetgegevens en de graad van de nauwkeurigheid waarmee de grondwaterstand kan worden voorspeld. Het aangeven van gewenste mate van nauwkeurigheid van de stijghoogte per watervoerend pakket in de onderscheiden beheersgebieden is een afwegingsvraagstuk tussen de bij het grondwater betrokken belangen en de beschikbare financiële middelen.

HOOFDSTUK 4 De gevolgde werkwijze bij het ontwerp van het meetnet

4.1 Aanpak met meetnetvarianten

Er bestaat geen eenvoudig rekenschema waarmee direct een optimaal grondwaterstandsmetnet kan worden becijferd. Als belangrijkste redenen kunnen genoemd worden:

- informatie met betrekking tot het grondwaterregime komt niet alleen uit gemeten grondwaterstanden (zie §3.1);
- verschillende belangen betrokken bij het grondwater stellen verschillende nauwkeurigheidseisen;
- een hard criterium is niet vast te stellen omdat de baten in tegenstelling tot de kosten niet voldoende zijn te kwantificeren.

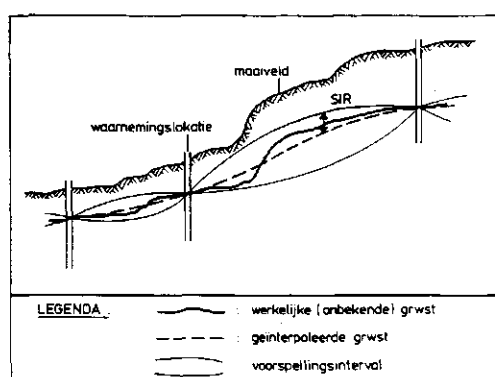
Door een aantal duidelijk van elkaar verschillende alternatieven gedetailleerd uit te werken, kan indirect een inzicht worden verkregen in de relatie kosten-baten.

Vier meetnetvarianten met een totaal van respectievelijk 450, 600, 800 en 1300 meetlokaties in Gelderland zijn op deze wijze nader uitgewerkt.

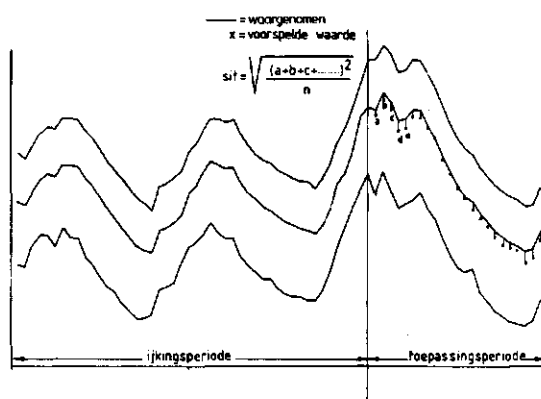
4.2 De toegepaste technieken

Het ruimtelijk grondwaterstandsvlak en het grondwaterstandsverloop in de tijd kan per deelgebied grote verschillen vertonen. In gebieden met een gecompliceerd grondwaterregime zal een grotere dichtheid noodzakelijk zijn om nauwkeurige voorspellingen te doen, dan in gebieden met een eenvoudiger grondwaterregime. Wanneer de correlatiestructuur in ruimte en tijd bekend is, is het mogelijk per deelgebied een meetnetconfiguratie te ontwerpen overeenkomstig de gestelde nauwkeurigheidseisen. De volgende nauwkeurigheidscriteria zijn gehanteerd:

- De standaardafwijking van de interpolatiefout in de ruimte (**sir**) kwantificeert de fout die optreedt bij het interpoleren van grondwaterstanden in de ruimte op één vast tijdstip (zie figuur 5A).
- De standaardafwijking van de interpolatiefout in de tijd (**sit**) kwantificeert de fout die optreedt bij het interpoleren van grondwaterstanden in de tijd op een meetlokatie (zie figuur 5B).



figuur 5A: voorbeeld "sir"



figuur 5B: Voorbeeld "sit"

De sir- en sit-grootheden zijn geen absolute criteria maar meetnetcriteria met als doel:

- Het verkrijgen van een verantwoorde relatie van de meetnetdichtheden tussen deelgebieden met een verschillend geohydrologisch regime.
- Het afstemmen van aanbod van informatie uit het meetnet op de behoefte vanuit het beleid, door een optimale verdeling van waarnemingspunten.

Door veranderingen in het grondwaterregime en veranderingen van beleidsgewichten in het grondwaterbeheer kan de behoefte aan informatie veranderen. De gestelde meetnetcriteria moeten dan worden herzien.

Het sir-criterium is maatgevend voor wat betreft de meetnetdichtheid. Het sit-criterium geeft aan welk bestaand meetpunt het meest geschikt is om in het meetnet te worden opgenomen en kan gebruikt worden voor het bepalen van de meest geschikte waarnemingsfrequentie.

Het berekenen van de sir en de sit geschiedt met behulp van modellen. Deze modellen gaan uit van een bepaalde correlatiestructuur.

De correlatiestructuur in de ruimte en de **sir** kunnen worden berekend, met behulp van het **kriging interpolatiemodel**. Door middel van een gecompliceerde schattings- en ijkingsprocedure wordt de correlatiestructuur bepaald en worden de diverse modelparameters vastgesteld. De correlatiestructuur wordt uitgedrukt in een zogenaamde covariantiefunctie. Met behulp van deze functie en de ligging van de diverse grondwatermeetlokaties kan de **sir** worden berekend.

Het model waarmee de correlatiestructuur in de tijd en de **sit** kunnen worden bepaald, is het **Kalman filter interpolatiemodel**. Dit model heeft als belangrijke eigenschap dat flexibel verschillende waarnemingsfrequenties van grondwaterstandstijdreeksen kunnen worden geanalyseerd. Bovendien kan de meetfout worden ingevoerd.

Op grond van theoretische en praktische overwegingen zijn steeds drie grondwaterstandsreeksen gemodelleerd. In de ijkingsperiode worden de parameters van het model bepaald. Vervolgens kan in een toepassingsperiode, uitgaande van twee grondwaterstandsreeksen, een derde grondwaterstandsreeks worden voorspeld. De **sit** kan nu worden bepaald door het berekenen van de wortel uit het gemiddeld kwadratisch verschil tussen voorspelde en berekende grondwaterstand.

Voor een toelichting op een toepassing van beide correlatiemodellen, wordt verwezen naar Van Bracht (TNO, 1984). Voor een beschrijving van de theoretische achtergronden van de correlatiemodellen wordt verwezen naar Defize (TNO 1984).

Het te ontwerpen meetnet moet tevens afgestemd zijn op de ruimtelijke verspreide beleidsmatige accentverschillen. In beleidsgevoelige gebiedsdelen zijn nauwkeuriger voorspellingen vereist, waardoor bij eenzelfde gebiedskarakter het meetnet om deze reden een grotere meetnetdichtheid zal vereisen. Aan de hand van de gevoeligheid van het deelgebied voor ingrepen in het grondwaterregime en het geraamde aantal door de provincie te verstrekken adviezen is een beleidsmatige rangorde van gebieden opgesteld. Bij het eerste watervoerende pakket is hierbij gebruik gemaakt van het geautomatiseerd beslissingsmodel GELPAM. Voor een uitgebreide toelichting op de theoretische achtergronden en de toepassing van dit model wordt verwezen naar het gelijknamige rapport van dienst Waterbeheer (1982).

4.3 Werkwijze bepaling meetnetdichtheid per deelgebied

Het gaat er nu om de beschikbare grondwaterstandsmeetlokaties bij de meetnetvarianten, 450, 600, 800 en 1200 lokaties in Gelderland, zo verantwoord mogelijk te verdelen over Gelderland. Deze verdeling van meetpunten moet afgestemd zijn op het geohydrologische systeem en op de ruimtelijk variërende beleidsmatige waardering.

Een adequate afstemming van het te ontwerpen grondwaterstandsmetnet op het geohydrologische systeem is te bereiken door per watervoerend pakket een indeling te maken naar grotere geohydrologisch- en waterhuishoudkundig homogeen veronderstelde deelgebieden. Een afstemming van het meetnet op bestuurlijk-beleidsmatige aspecten is te bereiken door het aangeven van een rangorde naar beleidsmatige prioriteit van de te onderscheiden deelgebieden. Per meetnetvariant kan vervolgens een synthese plaatsvinden tussen de gekarakteriseerde natuurlijke gebiedsverschillen en de op grond van beleidsmatige overwegingen toegekende ruimtelijke gewichtsverdeling. Per onderscheiden deelgebied zal afhankelijk van de beleidsmatige prioriteit een sir criterium worden gekozen. De hoogte van dit criterium wordt dusdanig gekozen dat het totale aantal meetpunten respectievelijk 450, 600, 800 of 1300 bedraagt.

Alvorens tot deze synthese kan worden overgegaan is het belangrijk een aantal uitgangspunten te formuleren:

- a per variant moet, door de zeer grote verschillen in ruimtelijke correlatiestructuur, een maximum en minimum dichtheid worden vastgesteld.
Dit is noodzakelijk aangezien anders bij het exact nastreven van het gewenste nauwkeurigheidscriterium alle waarnemingslokaties in één of twee deelgebieden zouden worden geconcentreerd.
- b De beleidsmatige prioriteitsvolgorde van de onderscheiden deelgebieden is tot uitdrukking gebracht in de grootte van de sir. Tussen de beleidsmatig hoog gewaardeerde deelgebieden en de laag gewaardeerde deelgebieden is naar evenredigheid een relatie verondersteld.
- c In een aantal onderscheiden deelgebieden kan de ruimtelijke correlatiestructuur door een gebrek aan voldoende bestaande grondwaterstandsmetpunten niet berekend worden. Voor deze deelgebieden kan echter met een redelijke mate van betrouwbaarheid een correlatiestructuur worden geschat.

Voordat een rekenmodel kan worden toegepast is het van belang dat de gegevens uit het geautomatiseerde bestand van dienst Grondwaterverkenning TNO worden gecontroleerd en gecorrigeerd op fouten.

Tabel 1 geeft het aantal gecorrigeerde gegevens uit de periode 1974-1982. In totaal werden ongeveer 15.000 algemene gegevens van 3.000 waarnemingsputten en buizen (\pm 500.000 grondwaterstanden) gecontroleerd.

Tabel 1: resultaten kwaliteitscontrole geautomatiseerd bestand DGV-TNO m.b.t. de provincie Gelderland

	aantal foutieve gegevens
Fase I + II + III	
- filterdiepte, meetpunthoogte, maaiveldhoogte	5
- coördinaten	40
- grondwaterstanden	120
Fase IV	
- uitschieters	750
- verstoppingen	15
- filterwisselingen	40
- andere fouten	125

4.4 Werkwijze verdeling van lokaties binnen de deelgebieden

Na vaststelling van de meetnetdichtheid per onderscheiden deelgebied zal nu worden ingegaan op de selectie van meetpunten binnen deze deelgebieden.

Gelet op de enorme financiële consequenties van een te ontwerpen meetnet dat volledig bestaat uit nieuw te plaatsen meetpunten is als uitgangspunt gesteld zo veel mogelijk **bestaande** meetpunten in het meetnet op te nemen. Een tweede belangrijk uitgangspunt bij de meetnetinrichting zijn beide in paragraaf 3.3 geformuleerde doelstellingen van het primaire meetnet. Dit impliceert dat door grondwateronttrekkingen beïnvloede meetlokaties in principe geen deel uitmaken van het primaire grondwaterstandsmetnet. Meetpunten in de uiterwaarden zijn gezien de grote kans op verstoring en discontinuïteit van de gemeten reeksen eveneens minder gewenst in het primaire meetnet.

Gedurende de inventarisatiefase van dit onderzoek is nagegaan welke bestaande meetpunten op dit moment aanwezig zijn in Gelderland. Deze bestaande meetpunten kunnen ruwweg onderscheiden worden in meetpunten uit:

a het Archief van grondwaterstanden TNO;

b bijzondere lokale meetnetten (bv. gemeenten, waterleidingmaatschappijen, e.d.).

Veel van de onder b genoemde meetpunten zijn eveneens opgenomen in het Archief van Grondwaterstanden TNO. Zowel uit praktische als organisatorische redenen is uitsluitend gewerkt met het bestand van het Archief van Grondwaterstanden TNO.

Gedurende een inventarisatie naar relevante meetnetinformatie is vervolgens het gehele bestand van grondwaterstandsmetpunten in Gelderland per afzonderlijke lokatie beoordeeld naar factoren als: de lengte van de waarnemingsreeks, het aantal filters per lokatie, het aantal watervoerende pakketten per lokatie, de waarnemingsfrequentie, e.d.

Ter onderbouwing van de keuze van bestaande meetpunten is tevens gebruik gemaakt van berekende sit waarden van een tijdreeks, bepaald met het Kalman interpolatie model.

In het voorgaande zijn al een aantal factoren beschouwd waarmee bij de meetnetinrichting rekening moeten worden gehouden. Samenvattend kan de volgende lijst met aandachtspunten worden opgesteld:

- * streven naar opname van bestaande meetlokaties in plaats van nieuw plaatsen;
- * bestaande lokaties met filters in verschillende WVP hebben voorkeur;
- * streven naar meetpunten in niet door grondwateronttrekkingen beïnvloede gebiedsdelen;
- * peilputten hebben voorkeur boven landbouwbuisen en brandputten;
- * geen meetpunten in de uiterwaarden;
- * rekening houden met de resultaten van de Kalmanfilterinterpolatie;
- * rekening houden met de resultaten van de kwaliteitscontrole van bestaande meetpunten;
- * in Rivierenland streven naar raaien in representatieve bodemeenheden loodrecht op de grote rivieren;
- * rekening houden met de lokatie van oppervlaktewater-afvoermeetpunten.

In deze fase van het onderzoek naar het primaire provinciale grondwaterstandsmetnet is het niet mogelijk en tevens niet gewenst om direct de exacte lokatie van de gewenste nieuwe meetpunten te bepalen. Nadere invulling van gewenste nieuwe lokaties zal grondig onderbouwd dienen te worden aan de hand van gedetailleerde lokale geohydrologische-, bodemkundige- en waterhuishoudkundige informatie. Tevens dient in dat geval onderzocht te worden of in het betreffende gebiedsdeel mogelijk geschikte meetpunten aanwezig zijn die niet in het Archief van Grondwaterstanden van TNO voorkomen.

HOOFDSTUK 5 Verdeling van meetlokaties over de deelgebieden

5.1 Verdeling meetlokaties in het eerste watervoerend pakket

5.1.1 Regionale gebiedsindeling eerste watervoerend pakket

De relatie tussen de grondwaterstandsverlopen op diverse ruimtelijk verspreide waarnemingslokaties is met name afhankelijk van de volgende factoren:

- het klimaat;
- de geohydrologische- en bodemkundige situatie;
- de waterhuishoudkundige toestand;
- de topografie.

In een gebied met een dicht slotenpatroon en een sterk beheerst peil zullen de grondwaterstanden een sterkere samenhang vertonen dan in een hellend of geaccidenteerd gebied met een extensief en vrij afwaterend oppervlaktewaterstelsel.

Bij de gebiedsindeling van het ondiepe watervoerend pakket in Gelderland (zie kaart 2) zijn de volgende eenheden onderscheiden:

- 1 gebieden met diepe grondwaterstanden zonder zichtbare oppervlaktewaterafvoer. Dit zijn relatief hoog gelegen gebieden met een dusdanig diepe grondwaterstand dat meteorologische variaties slechts zeer gedempt invloed hebben op de grondwaterstand. De grondwaterstanden vertonen veelal een meerjarige fluctuatie van droge en natte jaren.
 - Centraal Veluwe Massief (11);
 - stuwwal van Nijmegen (19);
 - Montferland (4).
- 2 Middelhoog gelegen gebieden met een extensieve vrije oppervlaktewaterafvoer zonder mogelijkheden tot oppervlaktewateraanvoer. De grondwaterstand staat onder invloed van meteorologische variaties, de vrije afwatering via het oppervlaktewaterstelsel en de wegzijging naar lager gelegen gebieden, hetgeen veelal tot uiting komt in een jaarlijkse trend van aanvulling en uitputting.
 - centraal zandgebied Oost Gelderland (3);
 - zandgebied Brummen-Voorst (8);
 - overgangsgebied Oost-Veluwe (10);
 - overgangsgebied Noord-West Veluwe (13);
 - Gelderse Vallei (15A + 15B);
 - bekken van Groesbeek (20);
 - rug van Wijchen (21).
- 3 Laag gelegen gebieden met een extensieve vrije afwatering met mogelijkheden tot oppervlaktewateraanvoer.
 - polderdistrict Veluwe (9);
 - randmeerzone Noord-West Veluwe (12);
 - Veenendaal (16).
- 4 Laagst gelegen gebieden met een relatief dicht oppervlaktewaterstelsel dat soms is gecombineerd met drainage en voor een deel onder invloed staat van kwel uit hoger gelegen gebieden. Er is over het algemeen sprake van een beheerst peil. De grondwaterstand varieert jaarlijks onder invloed van meteorologische omstandigheden en de nauwe relatie tussen het oppervlak-

Voor enkele van deze deelgebieden kan echter met een redelijke mate van betrouwbaarheid een correlatiestructuur worden aangenomen:

- * Oude rivierkleigebied rond Azewijn (5); gelijk aan Centraal Oost-Gelderland (3);
- * Komkleigebied De Liemers (6); gelijk aan Rivierengebied (22/23);
- * Rivierstrangengebied Zevenaar (7); gelijk aan Rivierengebied (22/23);
- * Gebied nabij Veenendaal (16); gelijk aan Gelderse Vallei (15A);
- * Voor de overige onbekende gebieden is zo goed mogelijk een dichtheid geschat.

Voor het eerste watervoerende pakket zijn de volgende maximale en minimale dichtheden vastgesteld:

Tabel 2: maximale en minimale meetnetdichtheid

meetnetvariant	dichtheid			
	maximum		minimum	
	meetp./125 km ²	meetp./km ²	meetp./125 km ²	meetp./km ²
"450" lokaties	33	1/3,8	5	1/25
"600" lokaties	40	1/3,1	7,5	1/16,7
"800" lokaties	50	1/2,5	10	1/12,5
"1300" lokaties	62,5	1/2	12,5	1/10

Deelgebieden met een maximale of minimale dichtheid komen alleen in het eerste watervoerend pakket voor. De gebieden waar de meetnetdichtheid het sterkst wordt gedomineerd door gefixeerde maximale of minimale waarden zijn respectievelijk het terras van Oost-Gelderland (deelgebied 1) en Rivierenland (deelgebied 22/23). Het Oost-Gelderlands plateau behoudt ondanks een grote meetnetdichtheid een hoge sir (zie contourlijnenkaarten van de sir, kaarten 6A t/m C). In het Rivierengebied blijft de sir bij de gekozen minimale dichtheid echter beduidend lager dan het gekozen criterium (zie de contourlijnenkaarten van de sir voor de bestaande situatie en de varianten 800 en 600 respectievelijk 6A t/m C).

Als direct gevolg van het eerder geformuleerde uitgangspunt dat bestaande grondwaterstandsmeetlokaties met filters in verschillende watervoerende pakketten de voorkeur hebben bij opname in het primaire meetnet, blijkt de gekozen configuratie van filters in de diepere watervoerende pakketten een aanzienlijk grotere dichtheid te krijgen dan op grond van de gestelde criteria vereist zou zijn. Met name komt dit voor in het WVP 1B en in een enigszins mindere mate in het WVP 2. Om dezelfde reden verschillen de configuraties van de ontworpen meetnetvarianten voor het WVP 2 en WVP 3 in het geheel niet van elkaar.

5.1.3 Het beleidsmatig gewicht per deelgebied

Binnen de begrenzing van de onderscheiden deelgebieden in het eerste watervoerend pakket is onderzocht welke beleidsmatige factoren bij het ontwerp van het primaire grondwaterstandsmeetnet dienen te worden beschouwd om tot een juiste meetnetdichtheidsverdeling te komen, opdat voldoende informatie aanwezig is om tot een verantwoorde belangenafweging in het kader van het integrale waterbeheer te komen.

Per gebied zijn de volgende criteria beschouwd:

- 1 de gevoeligheid van het gebied voor veranderingen binnen het grondwaterregime;
- 2 het aantal door de provincie te verstrekken adviezen.

Ad 1 De gevoeligheid van gebieden

Ten behoeve van de beleidsmatige waardering van het criterium: de gevoeligheid van gebieden voor veranderingen binnen het grondwaterregime is de volgende onderverdeling gemaakt:

- landbouw
- natuur- en landschap
- zettingsschade/ontwatering gebouwen
- concurrentie onttrekkingen

Aan de hand van streekplankaarten is per onderscheiden deelgebied het oppervlak bepaald. Het oppervlak landbouwgebieden werd hierbij verondersteld goed te worden benaderd door de op de streekplankaart voorkomende Landelijke gebieden III t/m V (landbouw heeft prioriteit boven natuur en landschap). Het oppervlak natuur en landschap werd verondersteld goed overeen te komen met de Landelijke gebieden I en II (natuur en landschap hebben prioriteit boven landbouw). Het oppervlak behorend bij zettingsschade en ontwatering gebouwen wordt het best benaderd door het oppervlak stedelijk en industrieel gebied. Bij nader onderzoek bleek het aspect concurrentie tussen grondwateronttrekkingen geen scheidend criterium te zijn. Om deze reden is het niet nader beschouwd.

Vervolgens is de gevoeligheid van de bodem voor grondwaterstandsverlagingen met behulp van een kaart uit het rapport: "Overzichtskaarten met betrekking tot een aantal aspecten van de waterhuishouding in Gelderland" van de Bezinningsgroep van de Commissie Bestudering Waterhuishouding Gelderland (Wageningen, 1979) nader uitgewerkt. "Het kartogram van de gevoeligheid voor grondwaterstandsverlaging van het representatieve profiel per element van 100 ha" (bijlage 16 van dit rapport) is als volgt omgezet in drie gevoeligheidsklassen:

Tabel 3: gevoeligheidsklassen meetnetinrichting

bijlage 16 (Bezinningsgroep)	gevoeligheidsklassen meetnetinrichting
codering H	zeer gevoelig : gewichtsfactor 8 ×
codering 8 en 9	matig gevoelig : gewichtsfactor 4 ×
overige	weinig gevoelig : gewichtsfactor 1 ×

Overige coderingen op genoemd kartogram: U (uiterwaard) en L (niet gevoelige gebieden), zijn niet nader beschouwd.

Binnen de deelgebieden zijn de onderscheiden belangengroepen als volgt ten opzichte van elkaar gewogen:

- natuur- en landschap : duidelijk veel belangrijker dan stedelijk gebied
- natuur- en landschap : veel belangrijker dan landbouw
- landbouw : belangrijker dan stedelijk gebied.

Ad 2 Het aantal adviezen

Er is per onderscheiden deelgebied een raming opgesteld van de in de komende 10 jaar door de provincie te verstrekken adviezen (criterium 2) waarvoor grondwaterstandsgegevens zijn vereist. Met name is gekeken naar adviezen met betrekking tot:

- grondwateronttrekking (drinkwaterpompstations; uitbreidingsgebieden; overige onttrekkingen);

- oppervlaktewaterbeheer buitengebied (relatie oppervlaktewater-grondwater; verbeteringsplannen; beheersplannen);
- ontgrondingen (bestaande en toekomstige);
- milieu:
 - * bodemsanering (geinventariseerde stortplaatsen chemisch afval);
 - * afvalstoffenplan (gecontroleerde stortplaatsen en een toekomstvisie).

Het beslissingsmodel GELPAM

Met behulp van het beslissingsmodel GELPAM zijn vervolgens alle 23 gebieden aan deze 2 criteria getoetst. De gevoeligheidscriteria zijn hierbij zwaarder gewogen dan het aantal adviezen.

Op deze wijze is gekomen tot de volgende beleidsmatige rangorde naar afnemend belang:

prioriteit	gebiedsnummer	omschrijving
1	14	Arkemheen
2	17	Schijngrondwaterspiegel Hierdense beek
3	1	Terras Oost-Gelderland (WVP < 10m)
4	21	Rug van Wijchen
5	10	Overgangsgebied Oost-Veluwe
6	15 12	Gelderse Vallei Randmeerzone Noord-West Veluwe
7	8	Zandgebied Brummen-Voorst
8	20	Bekken van Groesbeek
9	16 18	Veenendaal Schijngrondwaterspiegel Zuidelijke Veluwezoom
10	13	Overgangsgebied Noord-West Veluwe
11	2	Geul van Winterswijk
12	9	Polderdistrict Veluwe
13	7 3 22 23	Rivierstrangengebied ten zuiden van Zevenaar Centraal zandgebied Oost-Gelderland Komkleigronden Rivierengebied Stroomruggronden Rivierengebied
14	4	Stuwwal van Montferland
15	6 5	Komkleigebied "De Liemers" Oude rivierkleigebied rond Azewijn
16	11 19	Centraal Veluwemassief Stuwwal van Nijmegen

Tabel 4: prioriteitsvolgorde deelgebieden eerste watervoerend pakket

5.1.4 Bepaling van de meetnetdichtheid per deelgebied

De verdeling van grondwaterstandsmmeetlokaties bij de meetnetvarianten 450, 600, 800 en 1300 lokaties in Gelderland dient zoals geformuleerd in paragraaf 4.3 afgestemd te zijn op het geohydrologische systeem en op de ruimtelijk variërende beleidsmatige waardering.

Aan de hand van bijlage 2A t/m 2D zullen de resultaten van de synthese tussen beleidsmatige en natuurlijke aspecten worden toegelicht. Op de horizontale as van deze figuur zijn de prioriteitsklassen (hoogste waardering 1 tot en met de laagste waardering 16) van links naar rechts uitgezet. Binnen deze klassen zijn de 23 onderscheiden gebieden ingedeeld naar de resultaten

van de berekeningen verkregen uit het multi-criteria afwegingsmodel GELPAM (zie tabel 4). Op de verticale as is de voorspellingsonnauwkeurigheid zoals die tot uitdrukking komt in de sir in oplopende waarde uitgezet. De beleidsmatige prioriteitsvolgorde van de onderscheiden deelgebieden is op de volgende wijze tot uitdrukking gebracht in de grootte van de sir (zie tabel 5). Tussen de beleidsmatig hoog gewaardeerde deelgebieden (prioriteit 1) en de laag gewaardeerde deelgebieden (prioriteit 16) is naar evenredigheid een relatie verondersteld.

Tabel 5: gewenste ruimtelijke interpolatienauwkeurigheid (sir)

meetnetvariant	werkelijk	beleidsmatige waardering	
		hoogste prioriteit	laagste prioriteit
"450" lokaties	420 lokaties	45 cm	70 cm
"600" lokaties	606 lokaties	35 cm	60 cm
"800" lokaties	803 lokaties	25 cm	50 cm
"1300" lokaties	1310 lokaties	15 cm	40 cm

In eerste instantie is uitgegaan van de meetnetvariant met "800" lokaties in Gelderland. Uitwerking van een meetnetvariant met een algehele verbetering van de gewenste sir waarde van 10 cm resulteerde in de variant met: "1300" lokaties. De uitwerking van een meetnetvariant met een algehele verslechtering van respectievelijk 10 en 20 cm ten opzichte van de 800 variant resulteerde in de varianten met: "600" en "450" lokaties in Gelderland.

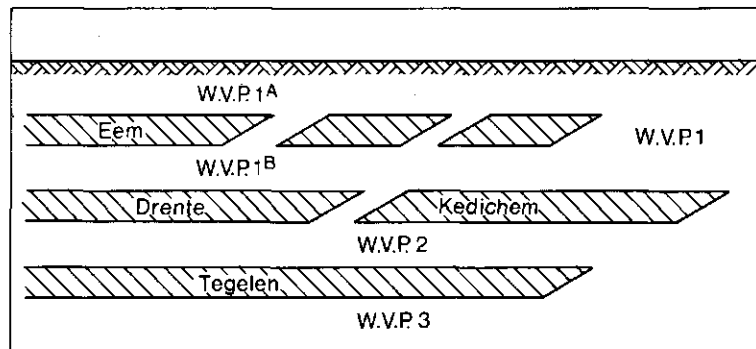
Gelet op het gestelde maximale en minimale aantal meetpunten per km² (zie paragraaf 5.1.2 tabel 2), en de geraamde dichtheid in de gebieden met een onbekende correlatiestructuur (zie bijlage 2A t/m 2D, kolom 3), is vervolgens met behulp van de meetnetdichtheidskarakteristieken (figuur 6A t/m 6N) voor elke meetnetvariant per deelgebied de meetnetdichtheid bepaald. Vervolgens is deze gekozen meetnetdichtheid met behulp van het bekende gebiedsoppervlak omgerekend naar het gewenste aantal lokaties per deelgebied. In enkele gebieden is een extra verdichting van het aantal lokaties aangebracht in verband met het verschil tussen de meetnetdichtheidskarakteristiek van het 1e WVP en die van het holocene kleidek. In tabel 5 is tevens het aantal werkelijk gekozen meetpunten bij de vier meetnetvarianten weergegeven.

In bijlage 3A zijn de gebruikte gegevens met betrekking tot de "450" variant onderscheiden naar gewenste en gekozen sir waarden en de hieruit afgeleide gekozen aantal meetpunten per deelgebied in tabelvorm weergegeven. In bijlage 3B t/m 3D is dit gedaan voor respectievelijk de "600", "800" en de "1300" variant.

5.2 Verdeling van meetlokaties in de diepere watervoerende pakketten

5.2.1 Gebiedsindeling diepere watervoerende pakketten

Voor de belangen verbonden met het grondwater is in het bijzonder het effect van veranderingen in het ondiepe watervoerende pakket van belang. Wijzigingen in dit grondwaterregime kunnen invloed hebben op de vegetatie, de landbouwopbrengsten, funderingen e.d. Om deze reden is voor de diepere watervoerende pakketten met name de mate waarin een verstoring in een dieper watervoerend pakket doorwerkt naar het bovenliggende 1e watervoerende pakket van belang. In figuur 9 zijn de regionale scheidende kleilagen zoals die in Gelderland worden aangetroffen geschematiseerd weergegeven. Kaart 1 geeft een ruimtelijke schematisatie van deze scheidende lagen.



Figuur 9: geohydrologische schematisatie

Op basis van de kleikaarten uit het rapport: "De geohydrologische beschrijving van de provincie Gelderland" (Grootjans, 1984) is de weerstand (c) van de scheidende lagen tegen verticale grondwaterstroming geschematiseerd tot de volgende vier klassen:

- 1: $c < 250$ etmaal
- 2: $250 < c < 2.500$ etmaal
- 3: $2500 < c < 10.000$ etmaal
- 4: $c > 10.000$ etmaal

Aan de hand van deze klasse indeling is per watervoerend pakket de bovenliggende kleilaag geschematiseerd naar de weerstand tegen verticale grondwaterstroming. De resultaten zijn op de volgende kaarten weergegeven.

- WVP 1B : het watervoerend pakket onder: de Eemklei (zie kaart: 4 C₁)
- WVP 2 : het watervoerend pakket onder: de Drente/Kedichem klei (zie kaart: 4 C₂)
- WVP 3 : het watervoerend pakket onder: de Tegelenklei (zie kaart: 4 C₃)

5.2.2 De bepaling van de meetnetdichtheid

Bij de aanpak van de indeling naar beleidsmatige factoren in de diepere watervoerende pakketten is eveneens een onderscheid gemaakt naar de de criteria:

- 1 de gevoeligheid voor wijzigingen in het grondwaterregime;
- 2 het aantal door de provincie te verstrekken adviezen.

De vereiste nauwkeurigheid en betrouwbaarheid van de invoergegevens zoals met name de weerstand van de scheidende kleilagen is echter onvoldoende om het gebruik van het beslissingsmodel GELPAM te rechtvaardigen.

Ad 1 De gevoeligheid van gebieden

De provincie Gelderland is in vakken van 5 x 5 km verdeeld. Per vak is de diepere ondergrond verticaal geschematiseerd op basis van de kleikaarten (zie ook kaart 4C₁ t/m 4C₃).

De invloed van een ingreep in een dieper WVP op de grondwaterstand in het **eerste** watervoerend pakket is maatgevend voor de gevoeligheid, omdat daar vrijwel alle belangen mee samenhangen. De invloed van een ingreep op de grondwaterstand in een dieper pakket werkt omgekeerd evenredig met de weerstand van de kleilaag door naar boven. Indien meerdere kleilagen voorko-

men worden de weerstanden opgeteld. Dit pleit voor onderlinge verhoudingen op basis van de reciproke waarde van de totale weerstand van de kleilaag ($1/c$). Anderzijds breidt het invloedsg gebied zich uit evenredig met de vierkantswortel van de weerstand van de kleilaag (\sqrt{c}).

De weerstand van de kleilagen is onderverdeeld in 4 klassen. Als gemiddelde van de klassen is het geometrisch in plaats van rekenkundig gemiddelde genomen. Dit is gezien de grove schatting van c-waarden op basis van dikte veiliger, zodat de weerstand zeker niet wordt overschat. De gehanteerde verhouding tussen de 4 klassen ligt ruwweg tussen beide in met een grote afronding om tot "eerlijke getallen" te komen (zie tabel 6).

weerstand kleilaag		gehanteerde verhouding
1	$c < 250$ etm.	1
2	$250 < c < 2.500$ etm.	5
3	$2.500 < c < 10.000$ etm.	20
4	$c > 10.000$ etm.	50

Tabel 6: de weerstand van de kleilaag

Een ingreep in een diep watervoerend pakket met $c = 200$ etm. wordt verondersteld 50x sterker door te werken in het WVP 1 dan met een $c = 20.000$ etm. Daarnaast speelt mee of natuur, landbouw of stedelijk gebied gevoelig zijn voor grondwaterstandsverandering in het 1e watervoerende pakket. Deze 2 factoren: doorwerking naar boven en gevoeligheid van het gebied zijn gecombineerd.

Ad 2 Het aantal adviezen per gebied

Een gebied bestaat uit één of meer vakken van 25 km^2 . Per gebied is geraamd hoeveel ingrepen er in diepere pakketten tot ruwweg 1995 zijn te verwachten. Ingrepen in diepere watervoerende pakketten die op dit moment zijn te voorzien, blijven beperkt tot uitbreiding van de grondwateronttrekking; dat kunnen zijn:

- reeds ingediende aanvragen tot uitbreiding;
- voorlopige vergunningen waarover nog geadviseerd moet worden;
- te verwachten uitbreiding drinkwaterwinning in een regio in verband met dekkingstekort 1995;
- toekomstige drinkwaterwingebieden.

Uitgegaan van het oppervlak van één topografisch kaartblad (125 km^2) is het aantal adviezen verdeeld in de volgende 4 klassen:

- 1 0 adviezen per 125 km^2 ;
- 2 0 - 2 à 3 adviezen per 125 km^2 ;
- 3 2 à 3 - 5 adviezen per 125 km^2 ;
- 4 > 5 adviezen per 125 km^2 .

De geïnventariseerde gegevens met betrekking tot de gevoeligheid voor veranderingen van het grondwaterregime en het aantal te verstrekken adviezen zijn vervolgens per gebied omgerekend naar een resulterende beleidsmatige waardering met een schaal variërend van waardering 10 tot waardering 0. De adviesdichtheid en de gevoeligheid van het gebied zijn hierbij ongeveer even zwaar gewogen. De grootste nauwkeurigheid is gewenst bij de waardering 10, de minste informatie is nodig bij de waardering 1.

Teneinde een reële koppeling te krijgen tussen het ondiepe en de diepere watervoerende pakketten is de gekozen sir waarde voor het 1B pakket behorend bij de hoogste prioriteit gelijkgesteld aan de waarde van het eerste watervoerend pakket. De dichtheid in dit pakket is zo 2 tot 4 maal lager dan de gemiddelde dichtheid van het bovenliggende pakket.

Bij de meetnetinrichting van de watervoerende pakketten 2 en 3 is globaler gewerkt. Het gevoeligheids criterium en het aantal te verwachten adviezen zijn op basis van ervaring van de dienst Waterbeheer in één gecombineerde stap omgezet in de gewenste meetnetdichtheid. Bij gebrek aan bestaande meetpunten was het bijvoorbeeld niet mogelijk een meetnetdichtheidskarakteristiek te berekenen voor het WVP 2 in de IJsselvallei en in geheel WVP 3. Bij een waardering 10 is uitgegaan van een dichtheid van het meetnet die 2 tot 4 maal lager ligt dan de gemiddelde meetnetdichtheid van het bovenliggende eerste watervoerend pakket. De minste informatie is nodig bij waardering 1, de dichtheid kan hier beperkt blijven tot 1 meetpunt per 400 tot 600 km².

HOOFDSTUK 6 De meetnetinrichting binnen de deelgebieden

In het voorgaande is toegelicht hoe de meetnetdichtheid voor elk van de deelgebieden is berekend. In dit hoofdstuk zal worden ingegaan op de feitelijke meetnetinrichting binnen deze deelgebieden.

6.1 Resultaten Kalmanfilter interpolatie

Ter onderbouwing van de keuze van meetpunten is gebruik gemaakt van het Kalman interpolatiemodel.

De eisen te stellen aan een deelbestand ten behoeve van het Kalman interpolatiemodel zijn:

- per waarnemingslokatie en per watervoerend pakket is slechts één filter toegestaan;
- de lengte van alle waarnemingsreeksen moet minimaal vijf aaneengesloten jaren zijn;
- alle waarnemingslokaties dienen met een waarnemingsfrequentie van tweemaal per maand te zijn waargenomen. Een beperkt aantal ontbrekende waarnemingen mag voorkomen.

Het verdient de voorkeur bij de bepaling van de sit om een recente periode te kiezen waarin jaren met klimatologische verschillen voorkomen. Om deze reden is de periode 1974-1978 gekozen. De eerste drie jaar vormde de ijkingsperiode en de laatste twee jaar de toepassingsperiode. Er wordt uitgegaan van vrijwel exacte metingen. Voor de standaardafwijking van de meetfout is daarom een waarde van 1 cm aangenomen.

Om een indruk te krijgen van de bruikbaarheid van tijdreeksen voor een voorspelling op de nabijgelegen meetlokaties zijn alle geschikte waarnemingslokaties met behulp van het Kalmanfilter interpolatiemodel doorgerekend. De kaarten 7A t/m C geven een overzicht van de resultaten van deze berekening. Meetpunten met een relatief hoge waarde van de sit hebben een minder goede correlatiestructuur in de tijd. Deze meetpunten zijn dus ook minder goed uit de omliggende meetpunten te voorspellen, en dienen om deze reden bij voorkeur opgenomen te worden in het primaire meetnet. In de figuren 8A t/m 8U is per onderscheiden deelgebied een cumulatieve frequentietabel van de sit samengesteld. In deze figuur is de relatie weergegeven op welke wijze het aantal secundaire lokaties toeneemt bij een verhoging van de sit waarde. Secundaire lokaties zijn lokaties met een dusdanig grondwaterstandsverloop dat deze met behulp van twee primaire reeksen binnen een bepaalde waarde van de sit kan worden voorspeld. In enkele deelgebieden is het aantal bruikbare tijdreeksen te gering om de correlatie in de tijd met een cumulatieve frequentietabel verantwoord te kunnen karakteriseren.

De grote verschillen tussen de onderscheiden geohydrologische eenheden met betrekking tot de correlatiestructuur in de tijd, komen in de cumulatieve frequentietabellen van de sit duidelijk tot uiting (zie figuur 8A t/m 8U).

- In de komkleigebieden van de **Holocene deklaag** zijn de waarden van de sit groot, pas bij een sit van 15 cm is 35% van het aantal lokaties secundair. In de stroomruggronden is een waarde van 15 cm reeds voldoende voor 50% secundaire lokaties (zie figuur 8P en 8Q);
- de regionale verschillen in het **eerste watervoerend pakket** zijn groot;
- op het Oost-Gelderlands plateau, in het Rivierengebied en in het strangengebied ten zuiden van Zevenaar zijn de variaties in de tijd het grootst. Bij een sit van 15 cm wordt maximaal 30% van de beschouwde meetlokaties secundair;
- ook in de deelgebieden Brummen-Voorst, Veluwerand noordwest (Putten), Centraal Oost-Gelderland en de Gelderse Vallei zijn de sit waarden relatief hoog;
- in het deelgebied Arkemheen, de randmeerzone en het overgangsgebied Oost-Veluwe zijn de variaties in de tijd klein.

Bij een sit van 15 cm wordt minimaal 70% van de meetlokaties in deze deelgebieden secundair (zie figuur 8H, 8I en 8J);

- de cumulatieve frequentietabellen van de twee deelgebieden in het **1B pakket** vertonen grote verschillen. In de Gelderse Vallei zijn alle waarnemingslokaties secundair bij een sit van 30 cm, een sit van 10 cm resulteert zelfs in 70% secundaire lokaties (zie figuur 8R). In het IJsseldal zijn de variaties groot. Een sit van 10 cm resulteert bijvoorbeeld slechts 9% secundaire lokaties (zie figuur 8S);
- ook in het **tweede watervoerend pakket** zijn er duidelijk verschillen tussen twee onderscheiden deelgebieden. De variaties in de tijd in het noordelijk deel van de Gelderse Vallei zijn klein, een sit van 15 cm resulteert in 70% secundaire lokaties. In het zuidelijk deel van de Gelderse Vallei zijn de correlaties in de tijd groter; een sit van 15 cm geeft hier 30% secundaire lokaties (zie figuur 8I en 8U).

Het meetnetinrichtingsplan voor de drie meetnetvarianten: "800", "600" en "450" lokaties in Gelderland is toegevoegd aan dit rapport als respectievelijk kaartenset 3, 4 en 5.

6.2 De kwaliteitscontrole in het terrein

De "geselecteerde" meetpunten van de 800 variant (deze omvat tevens nagenoeg de gehele 600 en 450 variant) zijn door medewerkers van de meetdienst van dienst Waterbeheer gedurende de periode april-september 1984 onderworpen aan een kwaliteitscontrole in het terrein.

De vrijwillige waarnemers van grondwaterstandsmeetpunten (particulieren) zijn samen met een veldtechnicus van TNO bezocht. Overige meetpunten, waargenomen door waterleidingbedrijven, gemeenten, rijksdiensten e.d. zijn na overleg met de betrokken instanties, al dan niet onder begeleiding, bezocht door medewerkers van de meetdienst.

Ten behoeve van een gestandaardiseerde inventarisatie van de veldgegevens is een inventarisatieformulier, ontworpen. Dit formulier, dat als bijlage 8 is toegevoegd, geeft een overzicht van de belangrijkste technische gegevens van het betreffende grondwaterstandsmeetpunt, en de ter plaatse beoordeelde gegevens met betrekking tot de technische uitvoering, onderhoudstoestand, kwetsbaarheid e.d.

Meetpunten die op dit moment niet meer worden waargenomen en goed passen binnen de ontworpen meetnetconfiguratie zijn eveneens bij dit terreinbezoek betrokken.

Enige gegevens met betrekking tot het terreinbezoek van de bestaande meetpunten:

Totaal aantal bezochte lokaties	:	713
waarvan: - bezocht met veldtechnicus van DGV-TNO	:	98
- onvindbaar	:	54
Aantal vervaardigde situatieschetsen	:	252
Aantal verreden kilometers	:	22.190
Totaal aantal manuren (veld- + kantooruren)	:	1.413
Conclusie: per lokatie \pm 100 min. en 35 km		

De geïnventariseerde gegevens zijn op dit moment nog niet volledig uitgewerkt. Een overzicht met resultaten van het terreinbezoek wordt om deze reden achterwege gelaten.

HOOFDSTUK 7 Kosten-batenanalyse meetnetvarianten

7.1 De kosten per variant

Bij de berekening van de financiële consequenties van het gewenste meetnet zijn de normbedragen aangehouden zoals vermeld in bijlage 4. Bij vaststelling van deze normbedragen is rekening gehouden met de bedragen uit de kostenraming van de Hoofden Natte Waterstaatsdiensten (HNA, 1982) en de door DGV-TNO (1984) gehanteerde bedragen. De meetnetvarianten 450, 600 en 800 lokaties zijn per watervoerend pakket gedetailleerd uitgewerkt, en onderscheiden naar bestaande en nieuwe lokaties. De variant met 1300 lokaties is, gelet op de hoge kosten bij een geringe verbetering van het nauwkeurigheidscriterium, als een niet reëel alternatief beschouwd en om deze reden niet nader uitgewerkt.

Bij de resterende varianten (450, 600 en 800) is het aantal gekozen **bestaande** lokaties, per afzonderlijk deelgebied, weergegeven in bijlage 5. Tevens zijn hierbij de noodzakelijke verbeteringen van deze gekozen lokaties gespecificeerd en onderverdeeld in:

- nog te waterpassen;
- ondiep filter bijplaatsen;
- meetfrequentie verhogen.

Deze gegevens zijn tevens weergegeven op de verbeteringenkaarten (kaart 4B geeft een overzicht van verbeteringen bij de 600 variant).

Een overzicht van de gekozen **nieuwe** lokaties is weergegeven in bijlage 6. Per deelgebied is het aantal, de lengte en de financiële consequentie van de gewenste nieuwe grondwaterstandsmeetpunten voor elke variant afzonderlijk gespecificeerd.

Aan de hand van deze basisgegevens met betrekking tot de bestaande en nieuwe lokaties is, gebruikmakend van de vastgestelde normbedragen, per variant een kostenraming opgesteld (zie bijlage 7A, 7B en 7C). In verband met de vereiste gegarandeerde continuïteit van de waarnemingsreeksen is bij de kostenraming onder andere uitgegaan van betaalde waarnemers en het vestigen van een zakelijk recht.

De kosten van het meetnet zijn onderverdeeld naar eenmalige en jaarlijkse kosten. In tabel 7 zijn de resultaten van deze kostenramingen beknopt weergegeven. Het aandeel van de waarnemingskosten in de totale jaarlijkse kosten is in deze tabel afzonderlijk weergegeven.

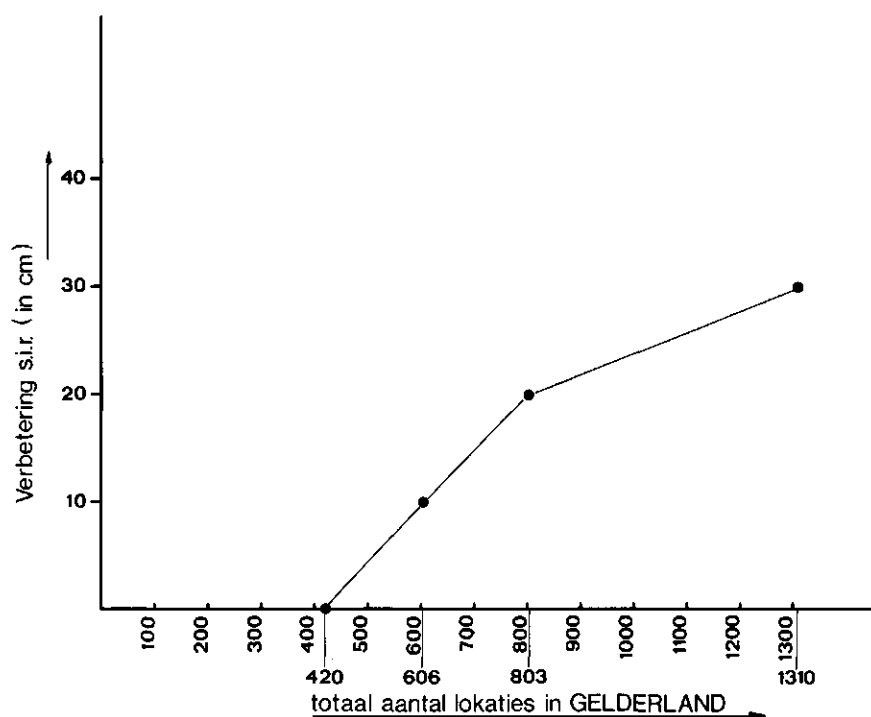
meetnet variant	werkelijk aantal	eenmalige kosten	jaarlijkse kosten	
			totaal	(waarnemingskosten)
"450"	420 lokaties	f 391.550,—	f 417.846,—	f (201.600,—)
"600"	606 lokaties	f 581.250,—	f 579.460,—	f (290.880,—)
"800"	803 lokaties	f 738.400,—	f 753.667,—	f (384.480,—)
"600+"	606+15 lokaties	f 581.250,—	f 616.503,—	f (298.080,—)

Tabel 7: beknopt overzicht resultaten kostenraming grondwatermeetnet

Als extra variant is de 600+ variant onderscheiden. Deze variant is gelijk aan de 600 variant maar heeft als belangrijke aanvulling dat er gemiddeld jaarlijks een 15-tal meetpunten tijdelijk ten behoeve van het vooronderzoek in het kader van de advisering bijgeplaatst kunnen worden.

7.2 Baten meetnetdichtheid

De verbetering van de nauwkeurigheid waarmee een grondwaterstand is te voorspellen neemt niet rechtevenredig toe bij een grotere dichtheid van het meetnet. De relatie tussen het nauwkeurigheds criterium (sir) en de meetnetdichtheid, voor de Gelderse situatie, is weergegeven in figuur 10. In deze figuur is de verbetering van de ruimtelijke voorspellingsnauwkeurigheid in heel Gelderland, ten opzichte van de situatie behorend bij de 450 variant, grafisch weergegeven. Zo geeft een verdichting van het totale meetnet van 500 naar 700 meetlocaties een verbetering van de sir van 10 cm terwijl een verdichting van 1000 naar 1300 lokaties slechts een verbetering van ca. 5 cm oplevert.



Figuur 10: Verbetering van de ruimtelijke voorspellingsnauwkeurigheid ten opzichte van de "450" variant (Situatie Gelderland)

Door na te gaan in hoeverre de meetnetvarianten: "450", "600" en "800" meetpunten in Gelderland de doelstelling van het primaire grondwaterstandsmeetnet (zie § 3.3) bereiken, kan indirect een inzicht worden verkregen in de overeenkomstige baten.

Bij de kleinste dichtheid, de minimumdichtheid van de variant: "450", wordt reeds voldaan aan de eerste doelstelling: de karakterisering van het geohydrologisch regime op regionale schaal. Het scheidend criterium wordt gevormd door de tweede doelstelling: de referentiefunctie. De vraag in hoeverre en met welke (on)nauwkeurigheid een "koppeling" tussen een representatief primair meetpunt en een ander meetpunt mogelijk is staat hierbij centraal, maar is moeilijk in het algemeen te beantwoorden. Het is duidelijk dat naarmate de dichtheid van het net afneemt, de kans toeneemt dat er geen representatief primair meetpunt in de nabijheid gevonden kan worden.

De keuze van één van de meetnetvarianten als gewenst provinciaal primair grondwaterstandsmeetnet wordt mede bepaald door de vraag binnen welke termijn een advies moet worden verstrekt. De onderscheiden soorten adviezen kunnen worden verdeeld in adviezen op zeer korte termijn (binnen één maand) en adviezen die op langere termijn (3 - 6 maanden) kunnen worden opgesteld.

De huidige ervaring met de voormalige Grondwaterwet Waterleidingbedrijven en de Provinciale grondwaterverordening leert, dat noodzakelijke advisering met betrekking tot grondwateronttrekkingen en het oppervlaktewaterbeheer in het buitengebied op de zeer korte termijn weinig voorkomt. Advisering over het grond- en oppervlaktewaterbeheer in stedelijke gebieden en/of ontgrondingen op zeer korte termijn is eveneens niet of nauwelijks te verwachten. Over milieuzaken wordt alleen in geval van calamiteiten op zeer korte termijn geadviseerd. Dit advies blijft in dat geval veelal beperkt tot het leveren van globale informatie over de stromingsrichting van het grondwater teneinde de bedreigde objecten te inventariseren. Voor het daadwerkelijke onderzoek naar de bodemverontreinigingen is in de Interimwet Bodemsanering voldoende proceduretijd ingebouwd om gedetailleerd onderzoek te verrichten.

Binnen de termijn waarop geadviseerd moet worden is vaak voldoende ruimte om één of meer meetpunten te plaatsen waarin gedurende een aantal maanden de grondwaterstand kan worden waargenomen en geregistreerd.

Voor de verschillende beleidsterreinen waarvoor gemeten grondwaterstandsgegevens zijn vereist wordt de kans op adequate koppeling van tijdelijke meetpunten met het primaire meetnet, op basis van praktijkervaring, als volgt geraamd:

grondwateronttrekkingen en oppervlaktewaterbeheer buitengebied

- met het 450-net kan naar verwachting bij ca. 30-50% van de adviezen geen koppeling worden gemaakt met een primair meetpunt;
- met het 600-net neemt de kans op koppeling verder toe;
- met het 800-net zal naar verwachting nog ca. 10-20% van de adviezen onvoldoende nauwkeurig aan een primair meetpunt worden gekoppeld.

Hieruit volgt dat er in al deze gevallen een kans is dat tijdelijk meetpunten moeten worden bijgeplaatst.

grond- en oppervlaktewaterbeheer stedelijk gebied

- de koppeling met een primair meetpunt bij het 450-net zal bij diverse stedelijke gebieden duidelijk onvoldoende zijn;
- bij het 800-net zal naar schatting bij 10% van de steden een onvoldoende nauwkeurige koppeling mogelijk zijn;

Het tijdelijk bijplaatsen van meetpunten is in veel gevallen noodzakelijk.

ontgrondingen

- de vereiste nauwkeurigheid bij advisering over ontgrondingen en de termijn waarbinnen aanvullende grondwaterstandswaarnemingen kunnen worden verzameld leveren voldoende informatie op bij een 450-net.

milieu

- in geval van advisering bij grondwaterverontreiniging speelt de stromingsrichting en -tijd veelal een belangrijke rol.

Bij alle genoemde meetnetvarianten zal het grondwaterstandsmeetnet tijdelijk moeten worden verdicht. Er is voldoende tijd beschikbaar voor het tijdelijk verdichten van het 450-net.

7.3 Baten waarnemingsfrequentie

De frequentie van waarnemen kan evenals de meetnetdichtheid uitgedrukt worden als functie van de nauwkeurigheid van de voorspelling van de grondwaterstand. De waarnemingsfrequentie van meetpunten opgenomen in het Archief van Grondwaterstanden van DGV-TNO varieert afhankelijk van de aard en doelstelling van het betreffende meetpunt van enkele waarnemingen per jaar tot een nagenoeg continue waarnemingsreeks.

In gebieden met een hoge beleidsmatige waardering en een overeenkomstige hoge prioriteit is het noodzakelijk het grondwaterregime nauwkeuriger te volgen en te registreren dan in gebieden met een minder hoge prioriteit. Afhankelijk van het karakter van het geohydrologische en waterhuishoudkundige systeem vereist dit een verhoging van de meetnetdichtheid en/of een verhoging van de frequentie van waarnemen. In gebieden met een lage beleidsmatige prioriteit en/of met een ongecompliceerd hydrologisch karakter kunnen daarentegen de kosten van het meetnet aanzienlijk worden beperkt door een verlaging van de waarnemingsfrequentie. In verband met de praktische en financiële haalbaarheid van het te ontwerpen primaire meetnet dient gezocht te worden naar een zo optimaal mogelijke verhouding tussen de hoeveelheid meetgegevens en de graad van nauwkeurigheid waarmee de grondwaterstand kan worden voorspeld.

Met behulp van het in hoofdstuk 4 toegelichte Kalman interpolatiemodel kan de correlatiestructuur in de tijd en de sit worden berekend. Tevens is het mogelijk om de frequentie van waarnemen te analyseren. Voor een aantal van de onderscheiden deelgebieden is in de figuren 8A t/m 8U de relatie tussen de sit en de hoeveelheid afgeleide secundaire meetpunten weergegeven. Deze relatie is onder andere gebaseerd op een waarnemingsfrequentie van 2x per maand. Een verlaging van de waarnemingsfrequentie blijkt in Gelderland door de complexe geohydrologische- en waterhuishoudkundige structuur in vrijwel alle gevallen gepaard te gaan met een aanzienlijk verlies aan informatie. In enkele deelgebieden, zoals bijvoorbeeld de randmeerzone (zie figuur 8I en 8J), is de correlatiestructuur in de tijd zodanig dat een verlaging van de waarnemingsfrequentie op basis van hydrologische aspecten kan worden overwogen. Deze deelgebieden hebben echter ten gevolge van de lagere beleidsmatige waardering al een geringere meetnetdichtheid gekregen.

Concluderend kan worden gesteld dat, gelet op de resultaten van de toepassing van het Kalman interpolatiemodel in Gelderland, en de ervaringen van de Dienst Grondwaterverkenning TNO met betrekking tot het beheer van meetnetten, een waarnemingsfrequentie van 2 maal per maand een minimum lijkt.

7.4 De keuze van de meetnetvariant

Gezien de exercitie met natuurlijke en beleidsmatig bepaalde factoren dient de **dichtheidsverdeling** van meetpunten over de te onderscheiden geohydrologische deelgebieden geacht te worden optimaal te zijn. Het gewenste niveau van het ruimtelijke nauwkeurigheidscriterium (sir) van het primaire meetnet en de hier direct uit afgeleide **totale hoeveelheid** meetpunten staan hierbij nog ter discussie.

Bij de afweging van de varianten 450, 600, 800 en 1300 is duidelijk dat twee varianten vrijwel direct afvallen. Dit zijn de varianten 450 en 1300. De variant met 450 meetlokaties in Gelderland valt af omdat bij deze variant bij een groot aantal adviezen onvoldoende informatie wordt verschaft. De variant met 1300 meetlokaties valt af door de onevenredig zware financiële belasting in verhouding tot de bijbehorende baten (zie figuur 10). Dit komt onder meer door het grote aantal nieuw te plaatsen meetpunten. De varianten 600 en 800 maken beide gebruik van veel bestaande meetpunten. Het aantal nieuw te plaatsen meetpunten is hier vrij beperkt. Het verschil in

jaarlijkse kosten tussen de 600 en 800 variant is vrij groot. Men kan zich om deze reden afvragen in hoeverre de baten behorend bij een meetnet met 800 lokaties kunnen worden benaderd door een 600-net aangevuld met een klein aantal tijdelijke meetpunten. Dit is de zogenaamde 600+ variant. Deze variant is gelijk aan de variant met 600 vaste primaire lokaties maar heeft als belangrijke aanvulling de mogelijkheid om jaarlijks zelf 10 á 20 meetlokaties bij te plaatsen. Voor het beantwoorden van deze vraag is het belangrijk te herhalen dat bij het voorspellen van grondwaterregimes lange reeksen gemeten grondwaterstanden noodzakelijk zijn. Het is om deze reden dat er altijd een permanent onderhouden en waargenomen meetnet met meerjarige meetreeksen als referentie voor lagere meetnetten dient te bestaan. Het werken met tijdelijk bij te plaatsen meetpunten ter aanvulling van de informatie uit een vast primair meetnet heeft als voordeel de lagere kosten dan een in zijn geheel verdicht primair meetnet. Een ander belangrijke voordeel is het feit dat bij te plaatsen meetpunten exact op de gewenste plaats kunnen worden ingericht. Voorwaarde voor een aanpak met tijdelijke meetpunten is de eis dat er voldoende tijd ter beschikking moet staan om een verantwoorde "koppeling" tussen de meetpunten tot stand te brengen. Een door de dienst Waterbeheer uitgevoerde proefberekening in een gebied in oost-Gelderland gaf goede resultaten met tijdelijke meetpunten vanaf een overlappende periode van circa 4 maanden. Afhankelijk van de overeenkomst in structuur en karakter van het lokale grondwaterregime ter plaatse van nabijgelegen primaire meetpunten en het te onderzoeken gebiedsdeel kan de vereiste duur van deze periode verschillen.

Het nadeel van een aanpak met tijdelijke primaire meetpunten is zoals genoemd de vergrote kans dat de relatie tussen de nieuwe meetpunten en de bestaande primaire meetpunten niet voldoende betrouwbaar kan worden vastgesteld. In vergelijking tot de 600+ variant doet dit nadeel zich echter ook voor bij de 800 variant, zij het in een minder groot aantal gevallen.

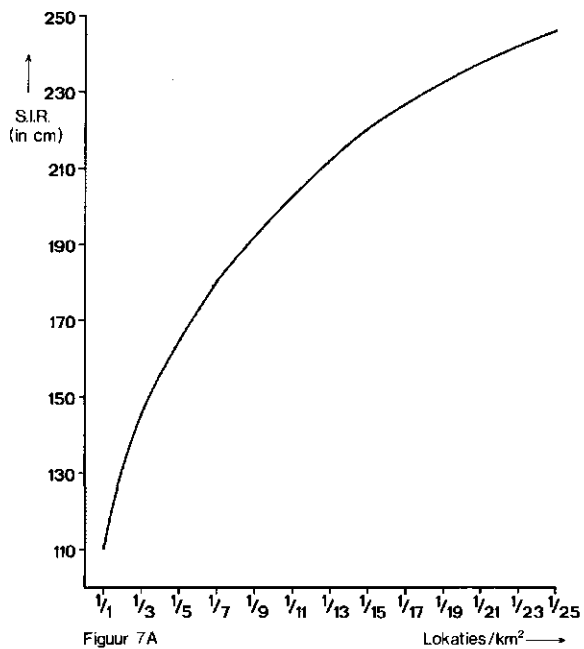
Gelet op bovenstaande overwegingen verdient de 600 + variant de voorkeur. De tijdelijke, bij te plaatsen primaire meetpunten zullen in principe na beëindiging van het onderzoek worden afge-stoten.

PRIMAIR GRONDWATERSTANDMEETNET

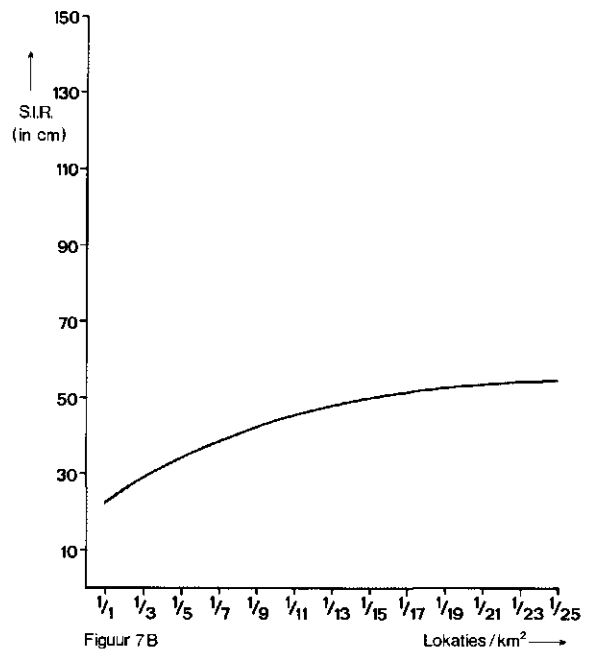
LITERATUUR

- Bouma, J. (editor) (1979). Overzichtskaarten met betrekking tot een aantal aspecten van de waterhuishouding in Gelderland. Stichting voor Bodemkartering, rapport nr. 1434, Basisrapport Commissie Bestudering Waterhuishouding Gelderland.
- Bracht, M.J. van (1984) Optimalisatie Landelijk waarnemingsnet voor grondwatergegevens, Deel 8, Friesland.
Dienst Grondwaterverkenning TNO, Delft.
- Defize, P.R. (1984). Optimalisatie landelijk waarnemingsnet voor grondwatergegevens, Deel 5. Meetnettherzieningstechnieken.
Dienst Grondwaterverkenning TNO, Delft.
- Grootjans, P. (1984). De geohydrologische beschrijving van de provincie Gelderland.
- Kalisvaart, J. (1982). Het Multi-Criteria afwegingsmodel GELPAM 81, modelbeschrijving en gebruikershandleiding.
Provincie Gelderland, dienst Waterbeheer, afdeling Waterhuishoudkundig Onderzoek, Arnhem.
- Provincie Gelderland, dienst Waterbeheer (1983). Overzicht van de geraamde freatische verlagingen ten gevolge van grondwateronttrekkingen; situatie eind 1982.
- Provincie Gelderland, dienst Waterbeheer (1983). Meerjaren overzichtskaarten grondwateronttrekkingen; geautomatiseerd register van grondwateronttrekkingen.
- Provincie Gelderland, dienst Ruimtelijke Ordening en Volkshuisvesting:
 - Streekplan Veluwe (1979), Arnhem
 - streekplan Rivierenland (1980), Arnhem
 - streekplan Midden-Gelderland (1978), Arnhem
 - streekplan Oost-Gelderland (1979), Arnhem
- Werkgroep Grondwaterbeheer, (1981), Grondwatermeetnet; noodzaak en gevolgen, Provinciale Waterstaat, Haarlem.
- Werkgroep Grondwaterbeheer (1984). Waterbeheer en grondwatermeetnet.
Rijkswaterstaat, Directie Waterhuishouding en Waterbeweging, Den Haag.

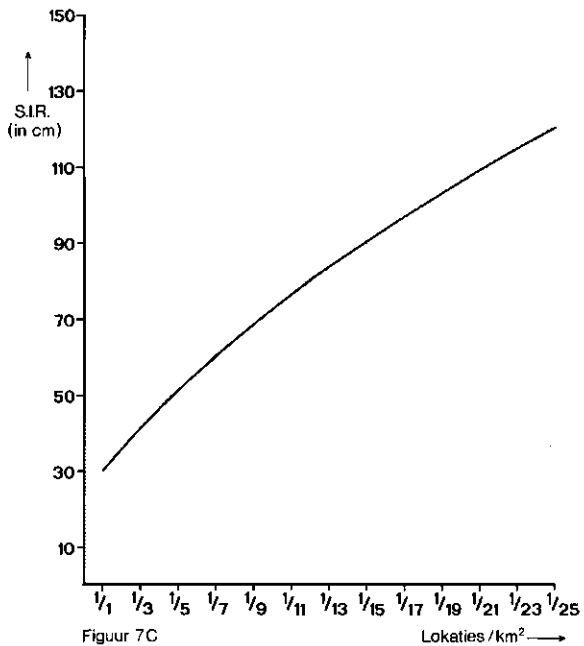
FIGUREN



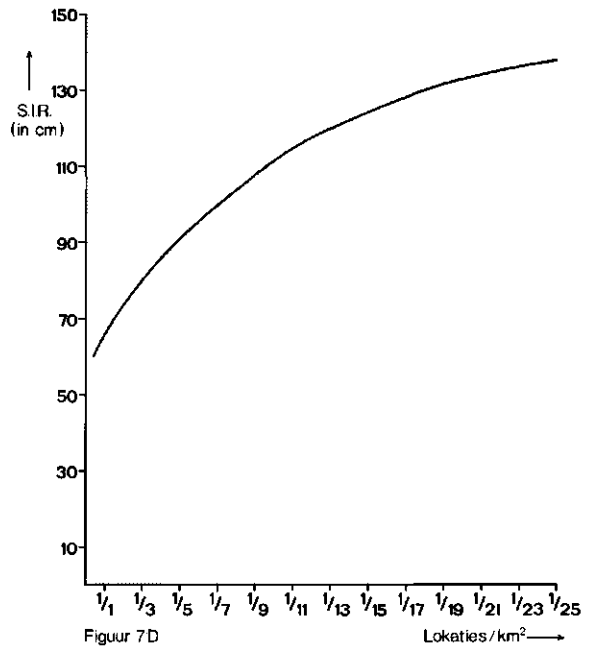
Meetnetdichtheidskarakteristiek W.V.P 1
Terras Oost Gelderland (gebied 1)



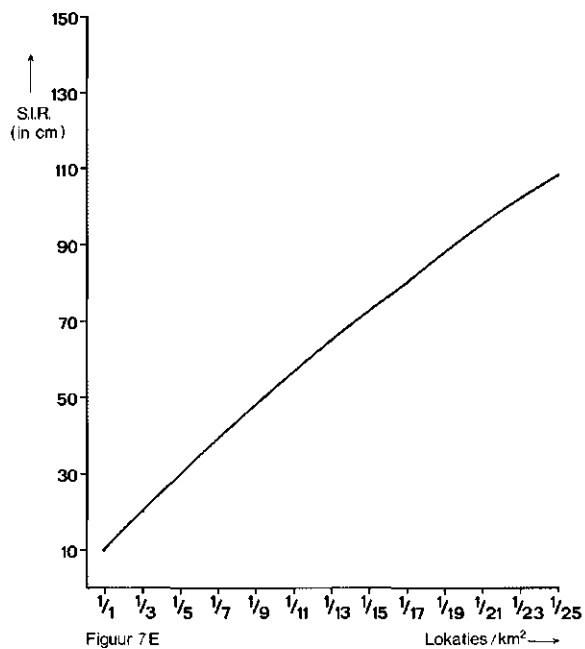
Meetnetdichtheidskarakteristiek W.V.P 1
Centraal zandgebied Oost Gelderland (gebied 3)



Meetnetdichtheidskarakteristiek W.V.P 1
Brummen-Voorst (gebied 8)
Polderdistrict Veluwe (gebied 9)

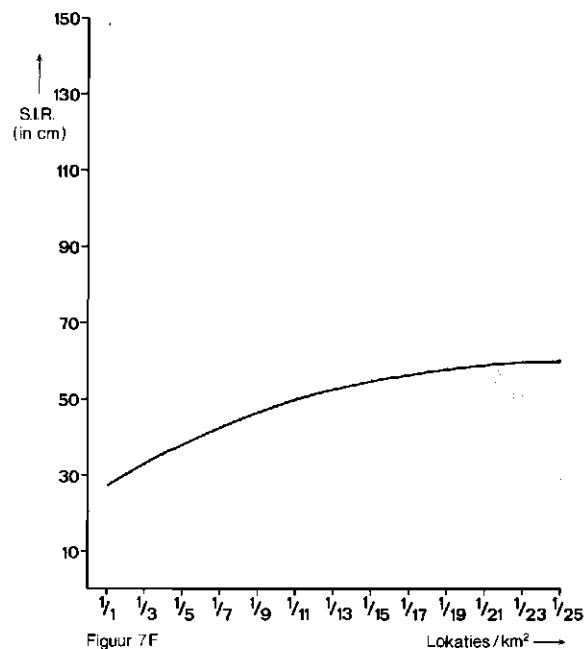


Meetnetdichtheidskarakteristiek W.V.P 1
Overgangsbied Oost Veluwe (gebied 10)



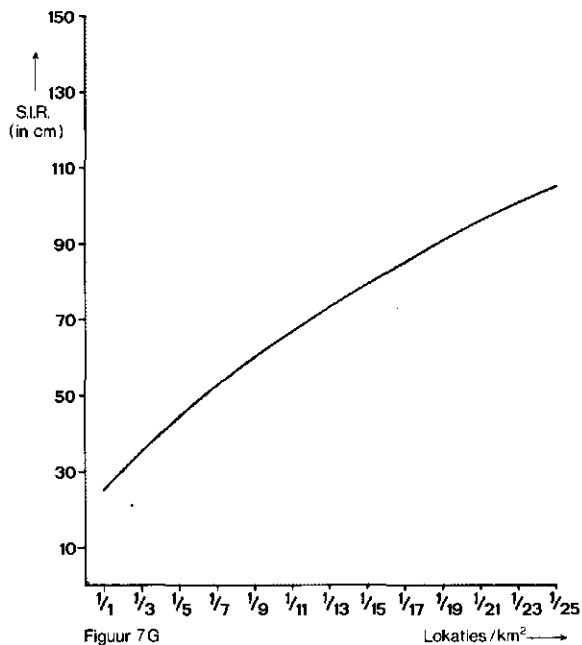
Figuur 7E

Meetnetdichtheidskarakteristiek W.V.P 1
Centraal Veluwe massief (gebied 11)



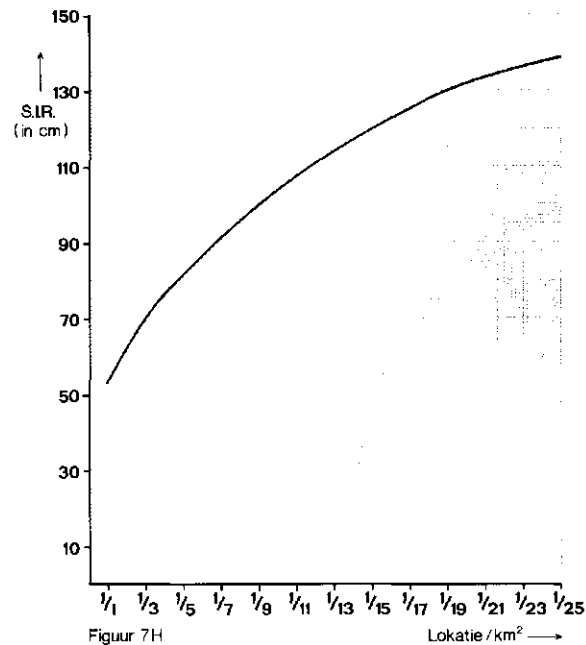
Figuur 7F

Meetnetdichtheidskarakteristiek W.V.P 1
Randmeerzone Noord-West Veluwe (gebied 12)
Overgangsgebied Noord-West Veluwe (gebied 13)



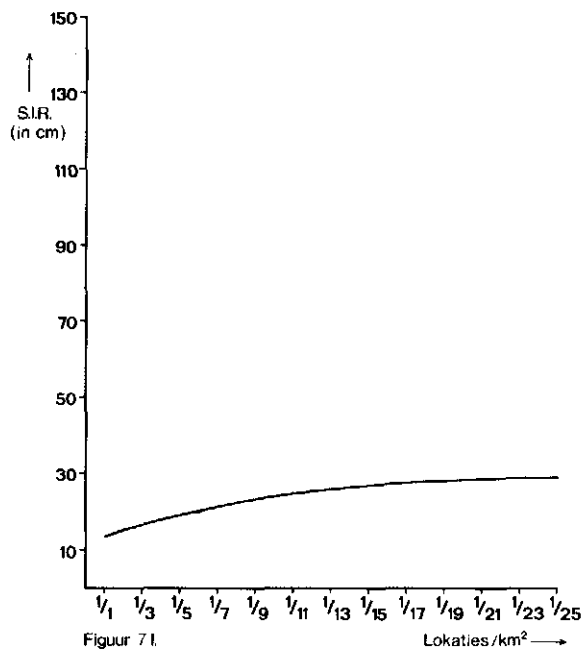
Figuur 7G

Meetnetdichtheidskarakteristiek W.V.P 1
Gelderse Vallei (gebied 15A)
Veenendaal (gebied 16)



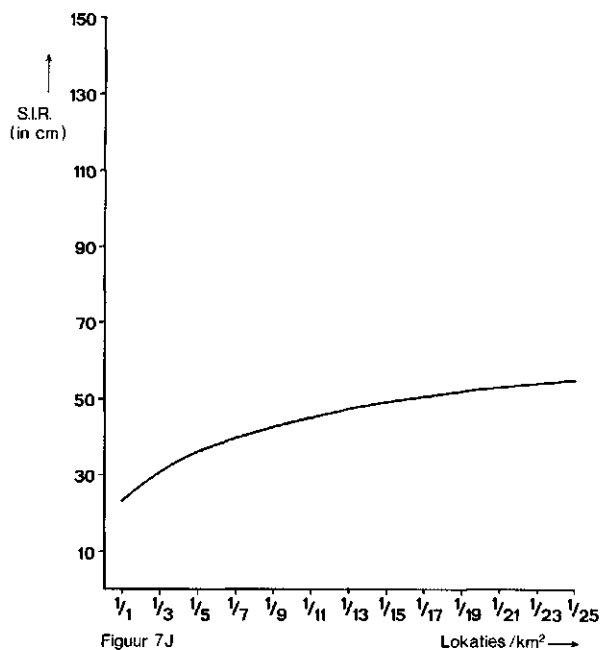
Figuur 7H

Meetnetdichtheidskarakteristiek W.V.P 1
Putten (gebied 15B)



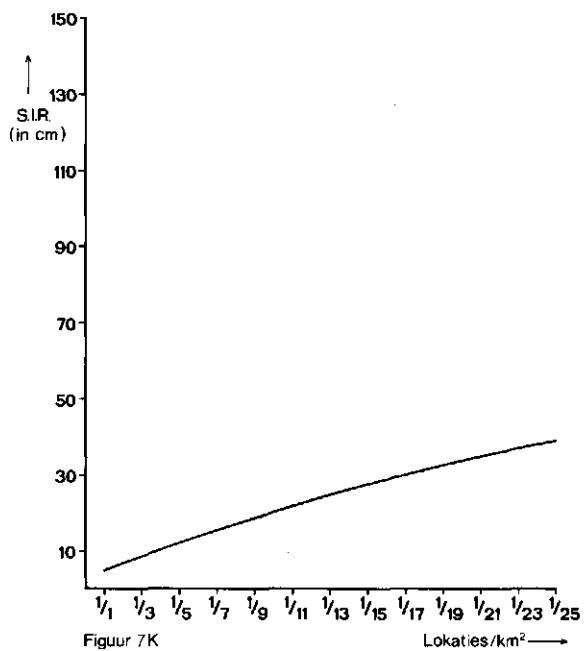
Figuur 7I Lokaties/km² →

Meetnetdichtheidskarakteristiek W.V.P 1
Rivierengebied (gebied 22/23)



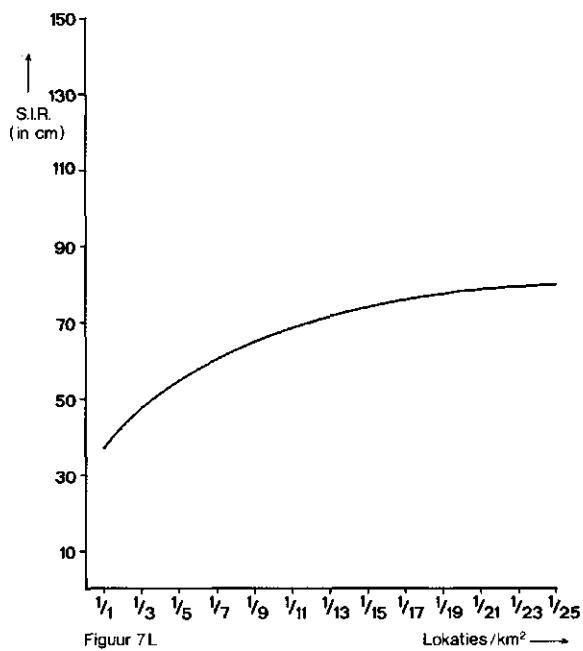
Figuur 7J Lokaties/km² →

Meetnetdichtheidskarakteristiek
Holoceen kleidek
Rivierengebied (gebied 22/23)



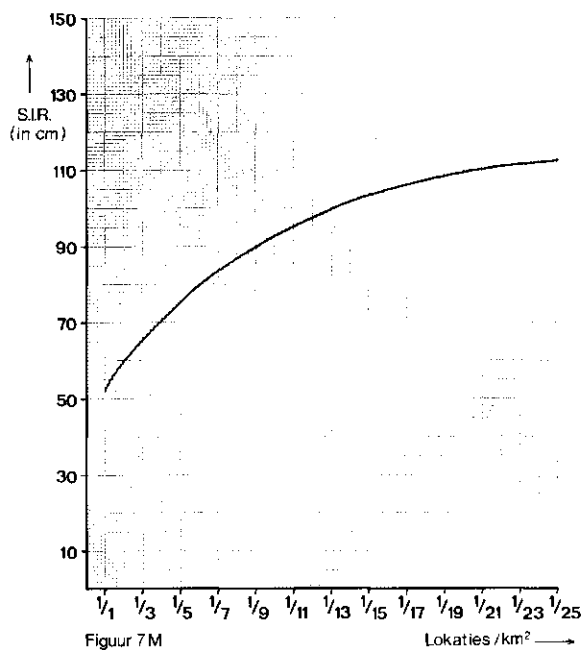
Figuur 7K Lokaties/km² →

Meetnetdichtheidskarakteristiek W.V.P 1B
Gelderse Vallei

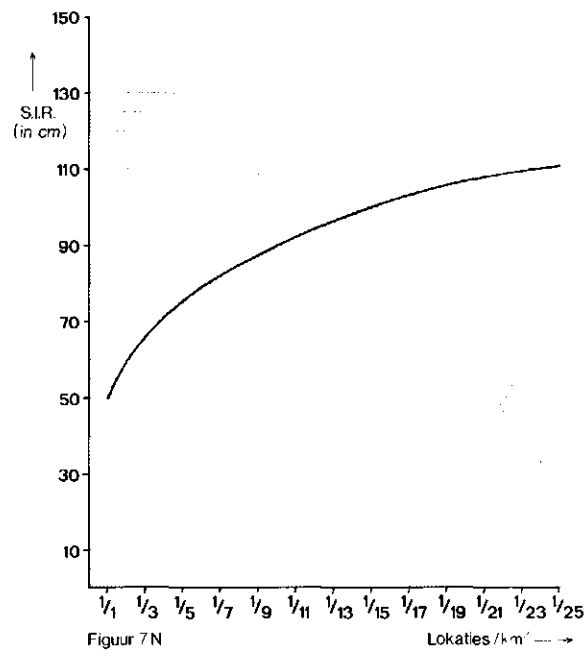


Figuur 7L Lokaties/km² →

Meetnetdichtheidskarakteristiek W.V.P 1B
IJsseldal



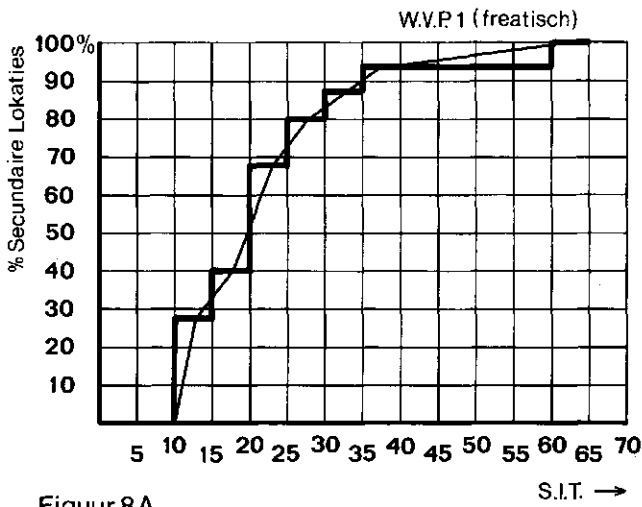
Meetnetdichtheidskarakteristiek W.V.P 2
Noord (gelderse vallei)



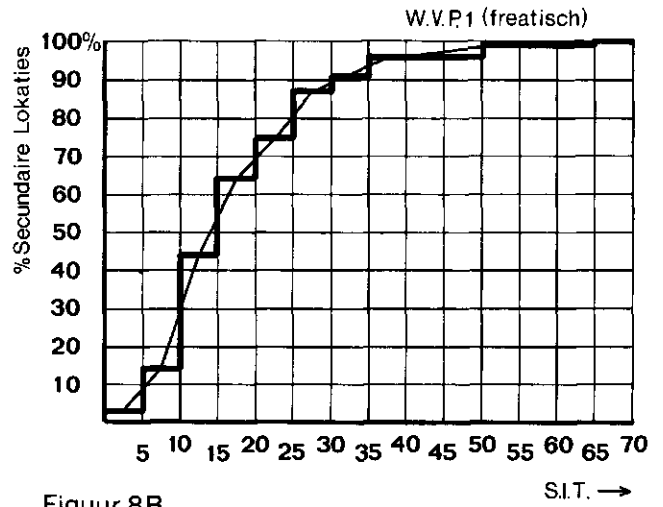
Meetnetdichtheidskarakteristiek W.V.P 2
Zuid (rivierenland)

CUMULATIEVE FREQUENTIETABELLEN

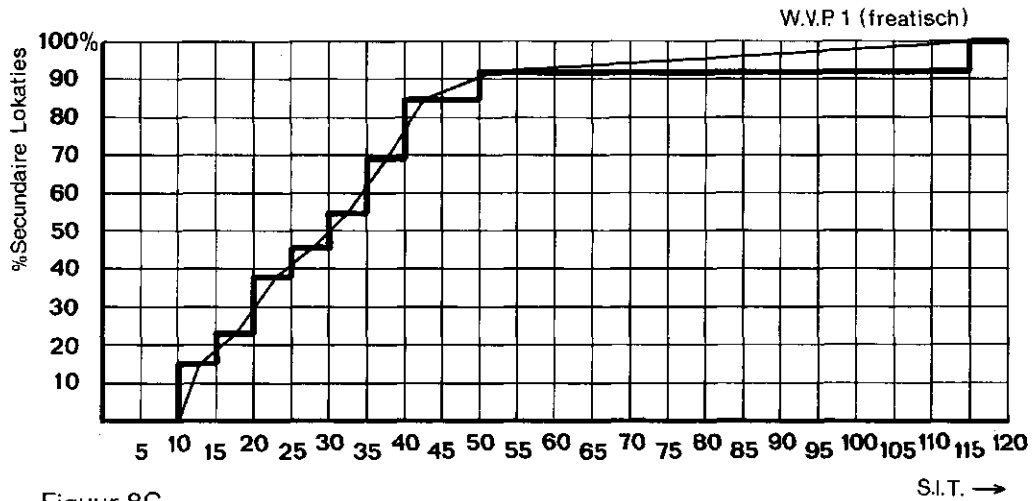
Kalmanfilter interpolatie



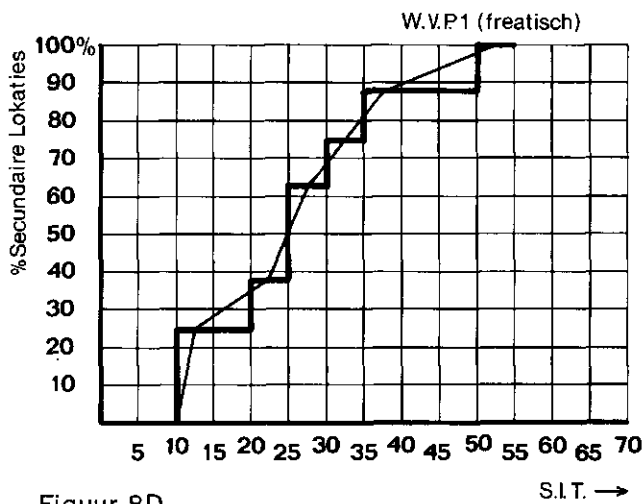
Figuur 8A
Gebied 1 Terras Oost-Gelderland



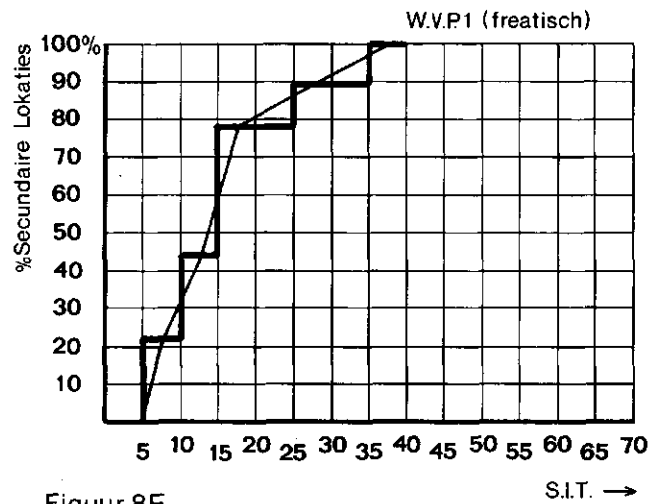
Figuur 8B
Gebied 3 Centraal zandgebied Oost-Gelderland



Figuur 8C
Gebied 7 Rivierstrangen gebied ten zuiden van Zevenaar



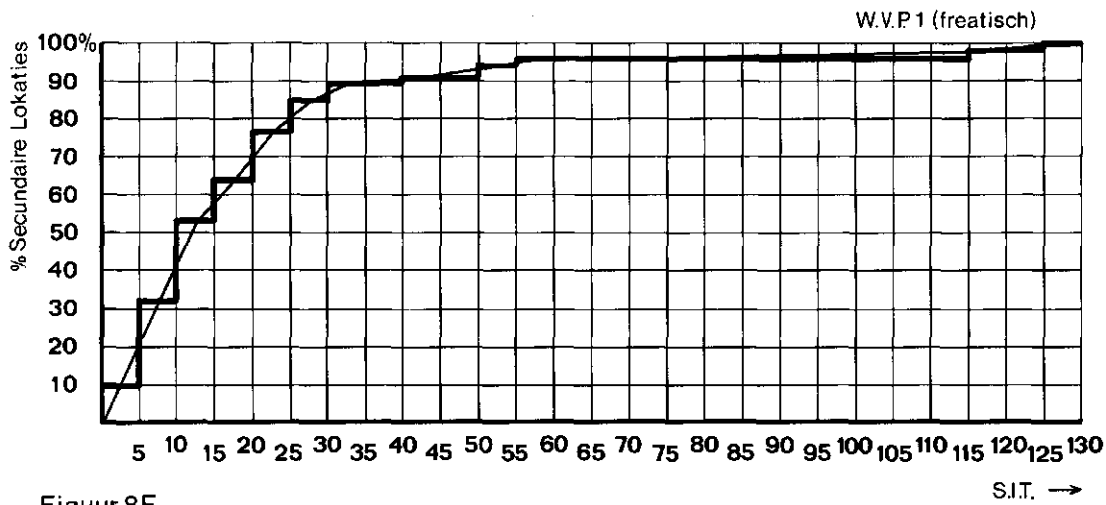
Figuur 8D
Gebied 8 Zandgebied Brummen-Voorst



Figuur 8E
Gebied 9 Polderdistrict Veluwe

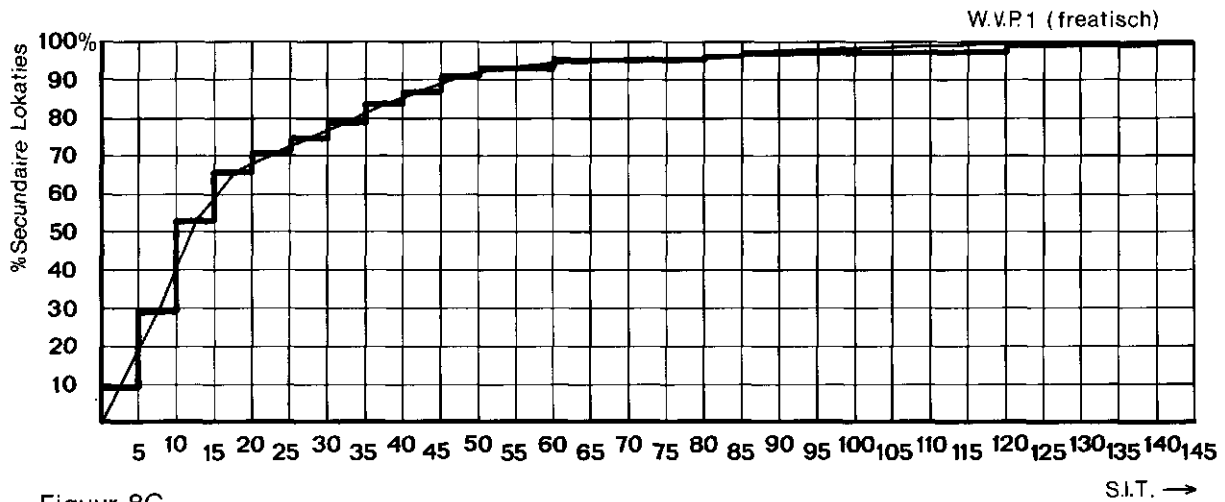
CUMULATIEVE FREQENTIETABELLEN

Kalmanfilter interpolatie



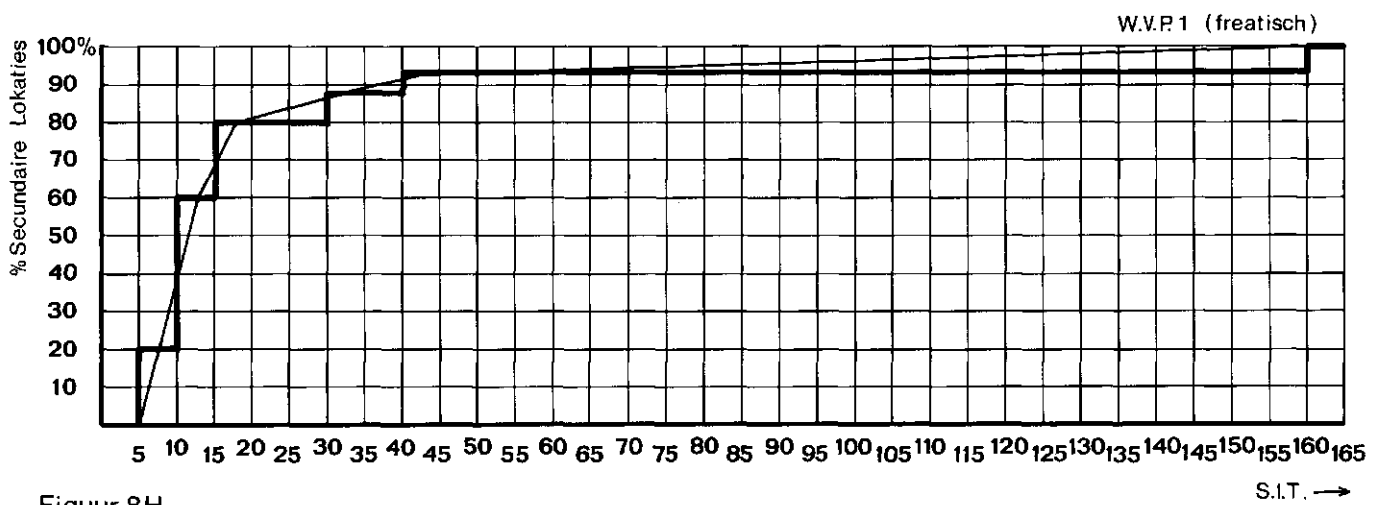
Figuur 8F

Gebied 10 Overgangsgebied Oost-Veluwe



Figuur 8G

Gebied 11 Centraal Veluwe Massief

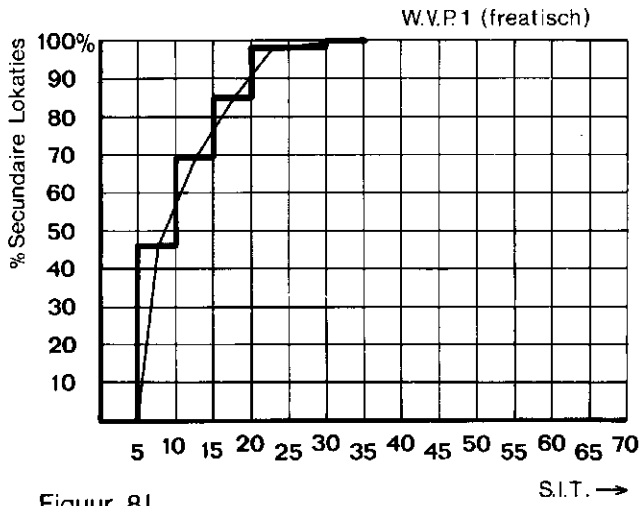


Figuur 8H

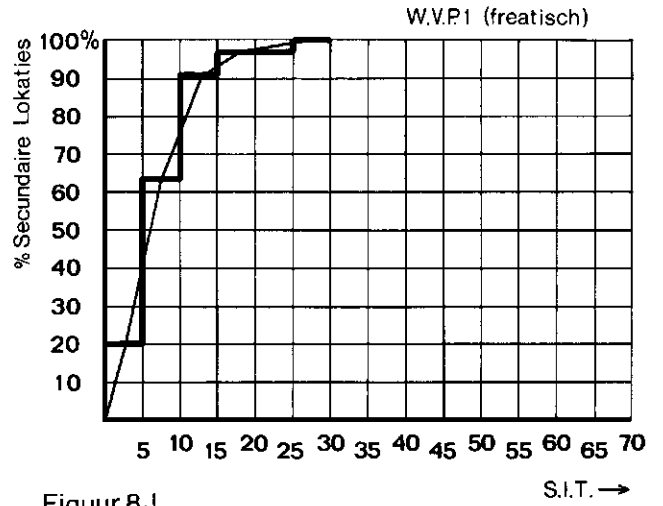
Gebied 14 Arkemheen

CUMULATIEVE FREQUENTIETABELLEN

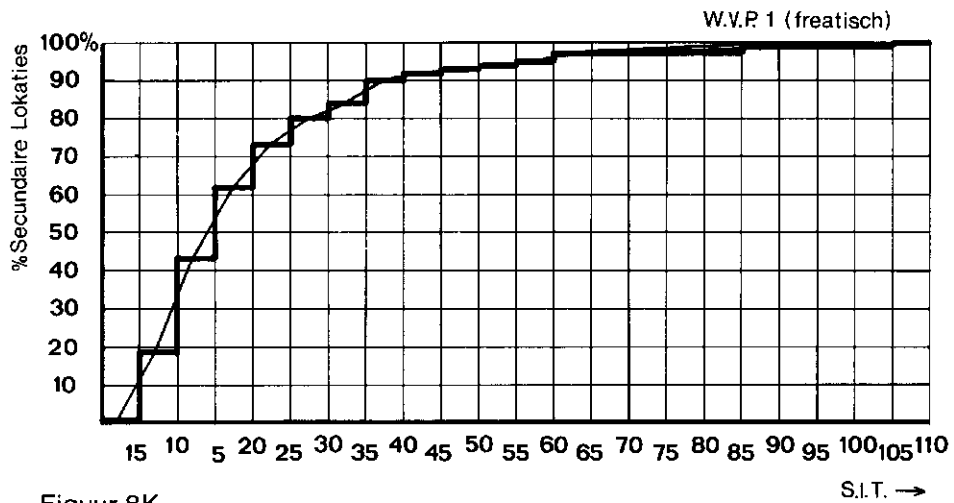
Kalmanfilter interpolatie



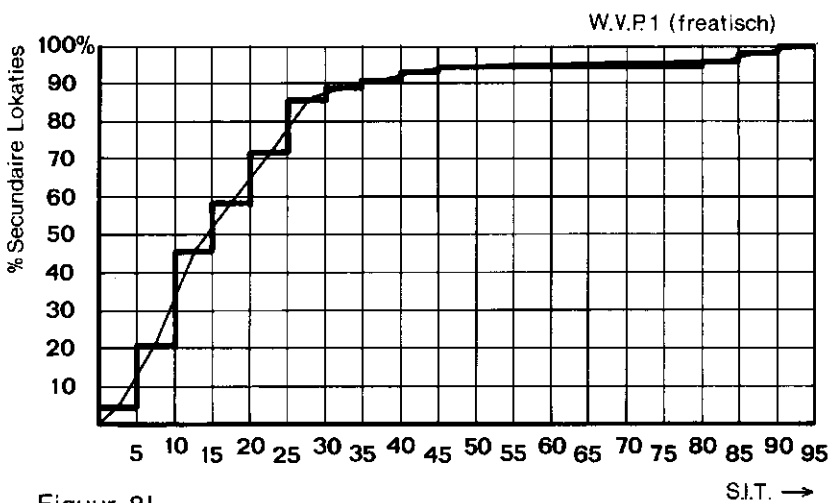
Figuur 8I
Gebied 12 Randmeerzone Noord-West Veluwe



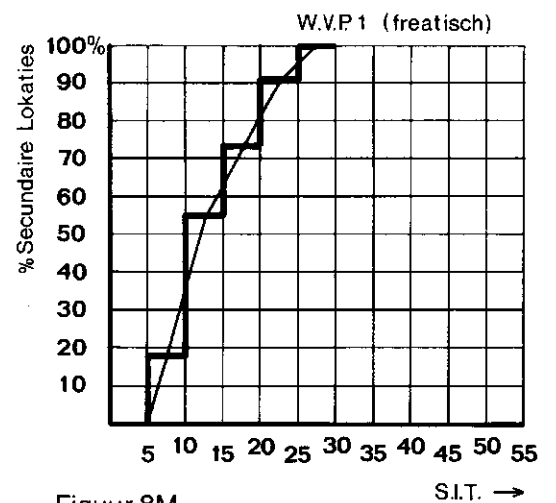
Figuur 8J
Gebied 13 Overgangsgebied Noord-West Veluwe



Figuur 8K
Gebied 15^A Gelderse Vallei



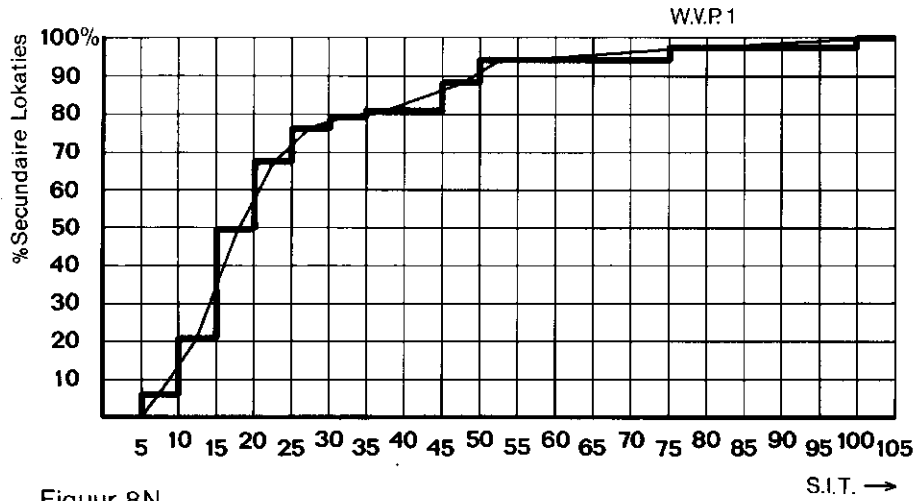
Figuur 8L
Gebied 15^B Putten



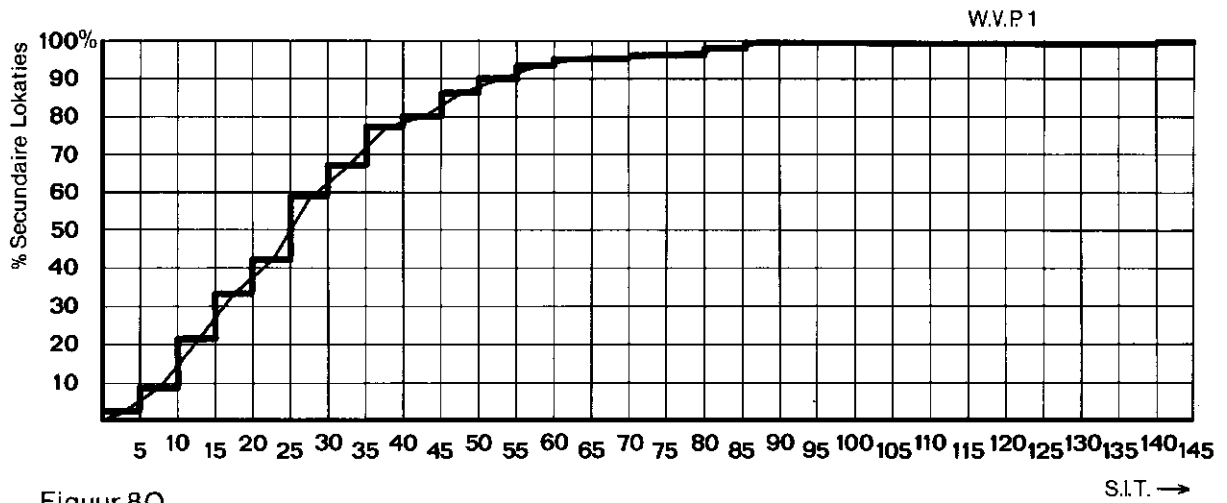
Figuur 8M
Gebied 21 Rug van Wijchen

CUMULATIEVE FREQUENTIETABELLEN

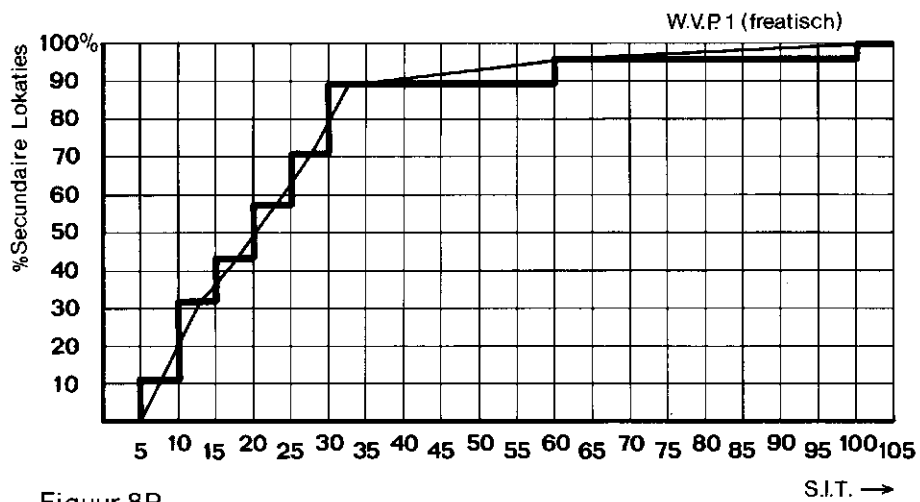
Kalmanfilter interpolatie



Figuur 8N
Gebied 22 Komkleigronden Rivierenland



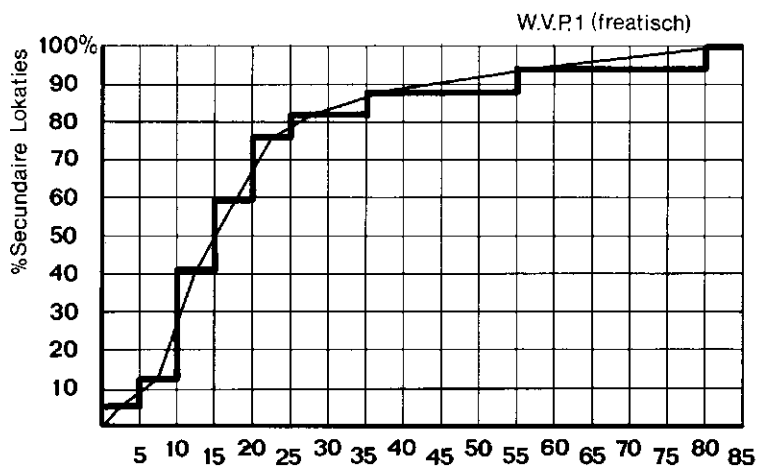
Figuur 8O
Gebied 23 Stroomruggronden Rivierenland



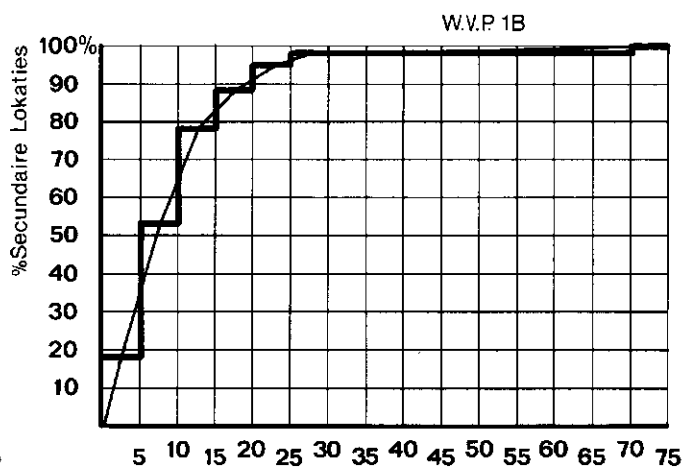
Figuur 8P
Holocene deklaag Rivierenland: komklei

CUMULATIEVE FREQUENTIETABELLEN

Kalmanfilter interpolatie



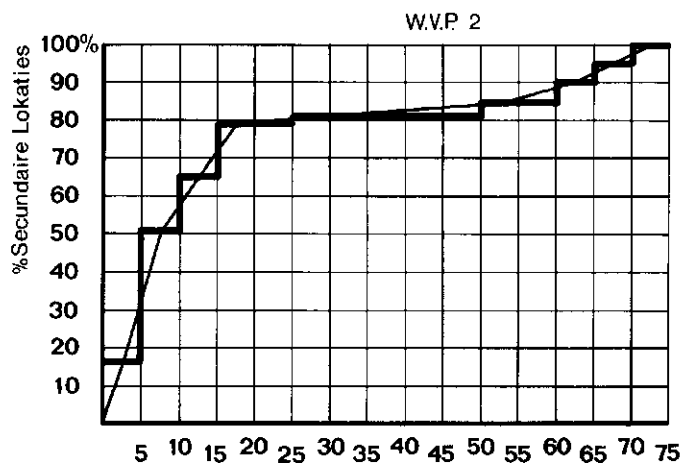
Figuur 8Q
Holocene deklaag Rivierenland: stroomrug



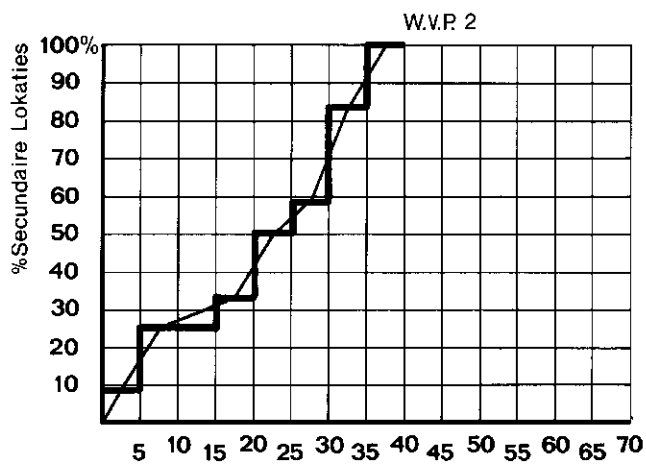
Figuur 8R
Gelderse Vallei



Figuur 8S
IJssel Vallei



Figuur 8T
Gelderse Vallei Noord



Figuur 8U
Gelderse Vallei Zuid

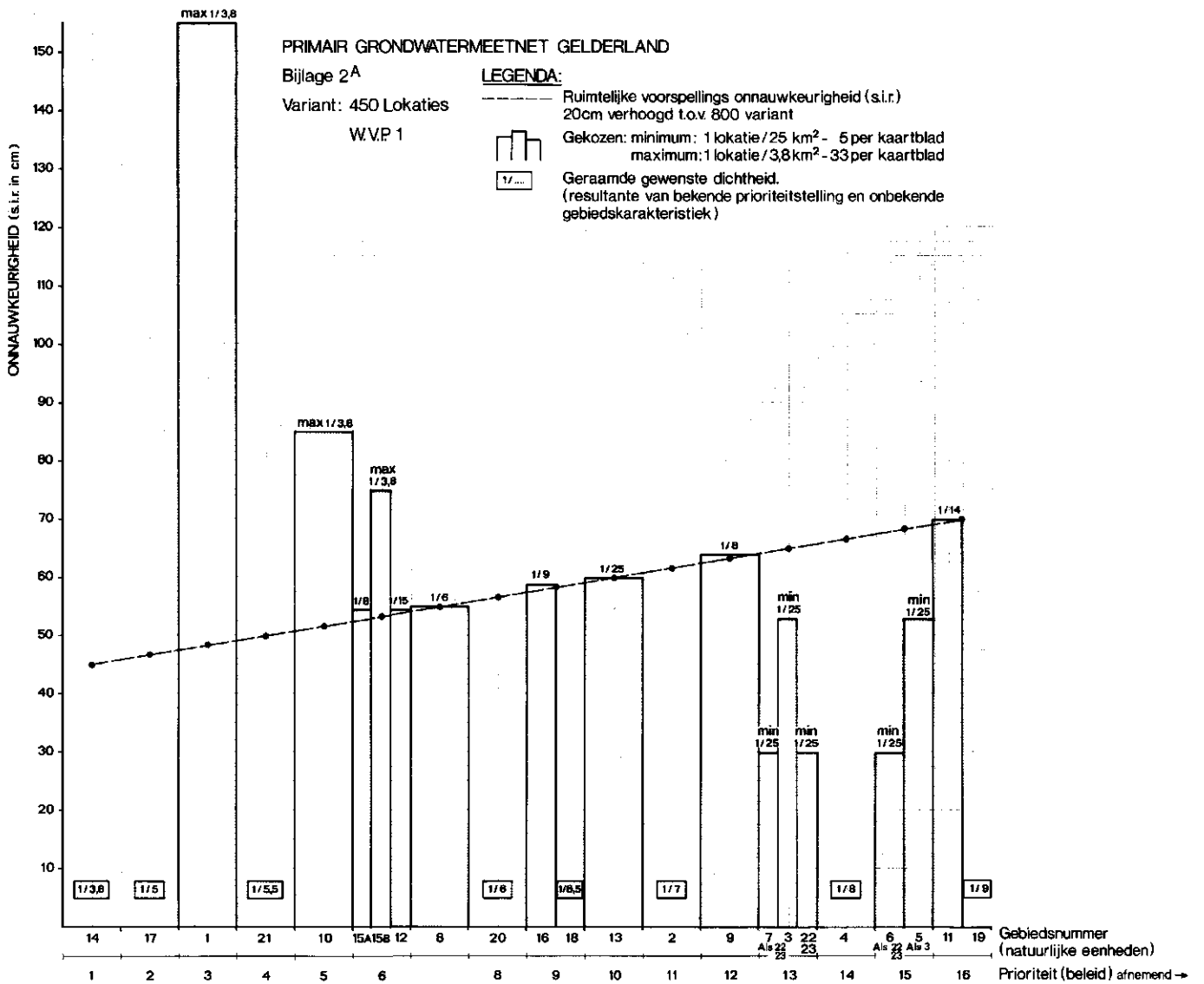
BIJLAGEN

gebieds-nummer	Deelgebieden	Aantal gebruikte waarnemings-locaties	graad van de trend*	parameters covariantiefunctie		
				c	a ₁	a ₃
22/23	Holocene deklaag rivierengebied (komklei + stroomrug)	153	1		- .95	
17	Schijngroundwaterspiegels Hierdense beek		onbekend			
18	zuidelijke Veluwezoom		onbekend			
	Het eerste watervoerend pakket					
1	Oost-Nederlands Plateau	42	1		-22.5	
2	Geul van Winterswijk		onbekend			
3	Centraal zandgebied Oost-Gelderland	316	1		- .85	
4	Stuwwal van Montferland		onbekend			
5	Oude rivierkleigebied rond Azewijn		onbekend			
6	Komkleigebied "De Liemers"		onbekend			
7	Rivierstrangengebied Zevenaer		onbekend			
8	Zandgebied Brummen-Voorst	147	1		- 2.01	.35 10 ⁶
9	Zandgebied Oost-Veluwe					
10	Veluwerand Oost	98	1		- 6.66	
11	Centraal Veluwemassief	97	1			.43 10 ⁶
12	Randmeerzone Noord-west Veluwe					
13	Noord-West Veluwe	62	1		- 1.15	
14	Arkenheem		onbekend			
15A	Gelderse Valei	72	1		- .81	.37 10 ⁶
15B	Veluwerand-West (Putten)	86	1	49	- 4.67	.20 10 ⁶
16	Veenendaal		onbekend			
17	Schijngroundwaterspiegel Hierense Beek		onbekend			
18	Schijngroundwaterspiegel Zuidelijke Veluwe- zoom		onbekend			
19	Stuwwal van Nijmegen		onbekend			
20	Bekken van Groesbeek		onbekend			
21	Rug van Wijchen		onbekend			
22	Komkleigronden rivierengebied	374	1		- .27	
23	Stroomruggonden rivierengebied					
	Het 1B pakket					
	Gelderse Vallei	45	2			.53 10 ⁶
	IJsseldal	36	1		- 2.4	
	Het tweede watervoerend pakket					
	Gelderse Vallei	41	2	964	- 4.35	
	Rivierengebied	36	1		- 4.56	
	IJsseldal		onbekend		onbekend	
	Het derde watervoerend pakket		onbekend		onbekend	

Trend	k	Functie
Constant	0	$K(h) = c \delta(h) + a_1 h $
Lineair	1	$K(h) = c \delta(h) + a_1 h + a_3 h ^3$
Kwadratisch	2	$k(h) = C \delta(a) + a_1 h + a_3 h ^3 + a_5 h ^5$

Met $\delta(h) = 1$ voor $|h| = 0$ en $\delta(h) = 0$ voor $|h| \neq 0$, $c \geq 0$, $a_1 \leq 0$, $a_3 \leq 0$, $a_5 \geq -\frac{10}{3} \sqrt{a_1 a_3}$

Bijlage 1 De parameters van het krigingmodel voor de onderscheiden geohydrologische eenheden



PRIMAIR GRONDWATERMEETNET GELDERLAND

Bijlage: 2^B

Variant: 600 Lokaties

W.V.P. 1

LEGENDA:

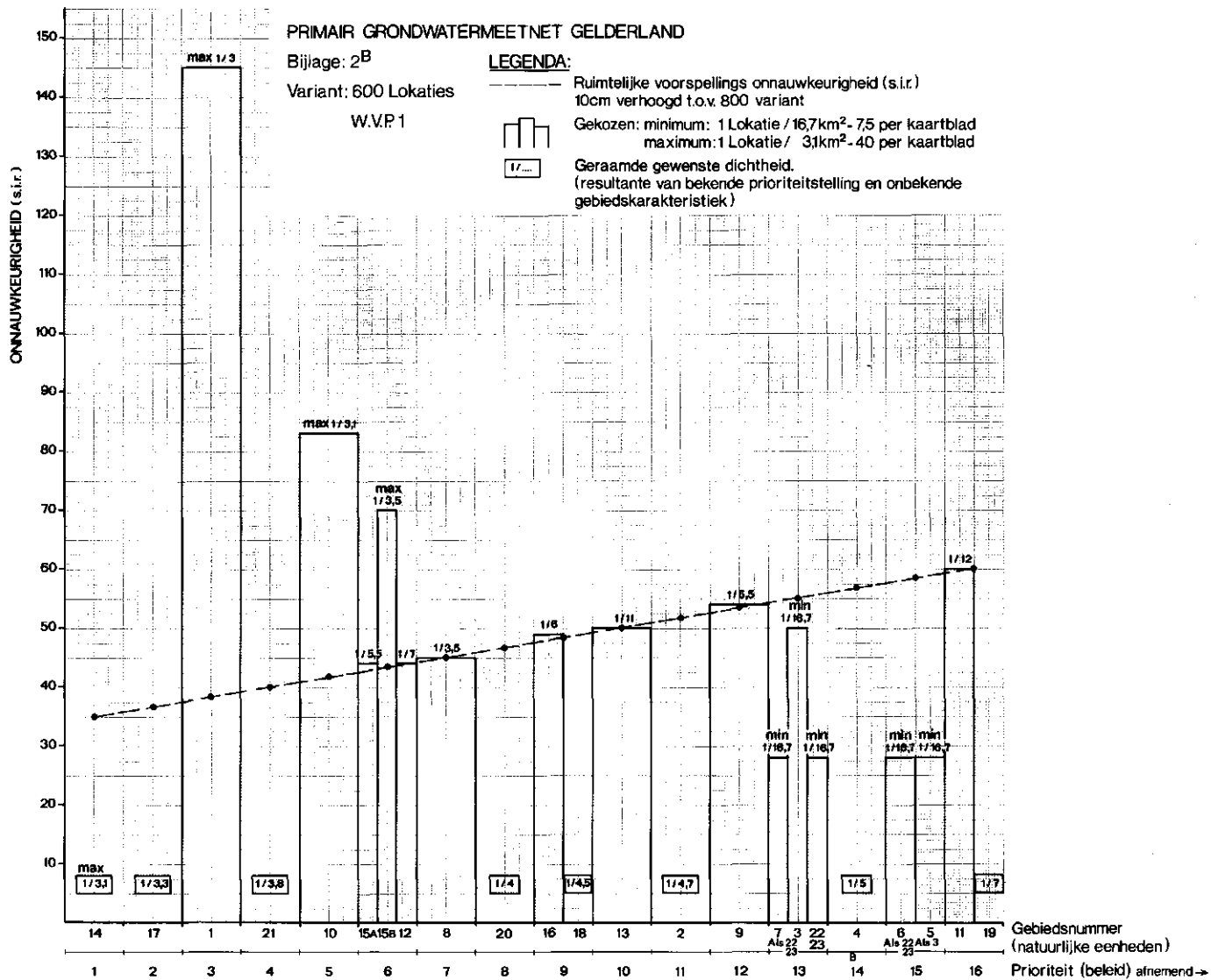
— Ruimtelijke voorspellingen onnauwkeurigheid (s.i.r.)
10cm verhoogd t.o.v. 800 variant



Gekozen: minimum: 1 Lokatie / 16,7km² - 7,5 per kaartblad
maximum: 1 Lokatie / 3,1km² - 40 per kaartblad



Geraamde gewenste dichtheid.
(resultante van bekende prioriteitstelling en onbekende gebiedskarakteristiek)



PRIMAIR GRONDWATERMEETNET GELDERLAND

Bijlage 2^C

Variant: 800 Lokaties
W.V.P. 1

LEGENDA:

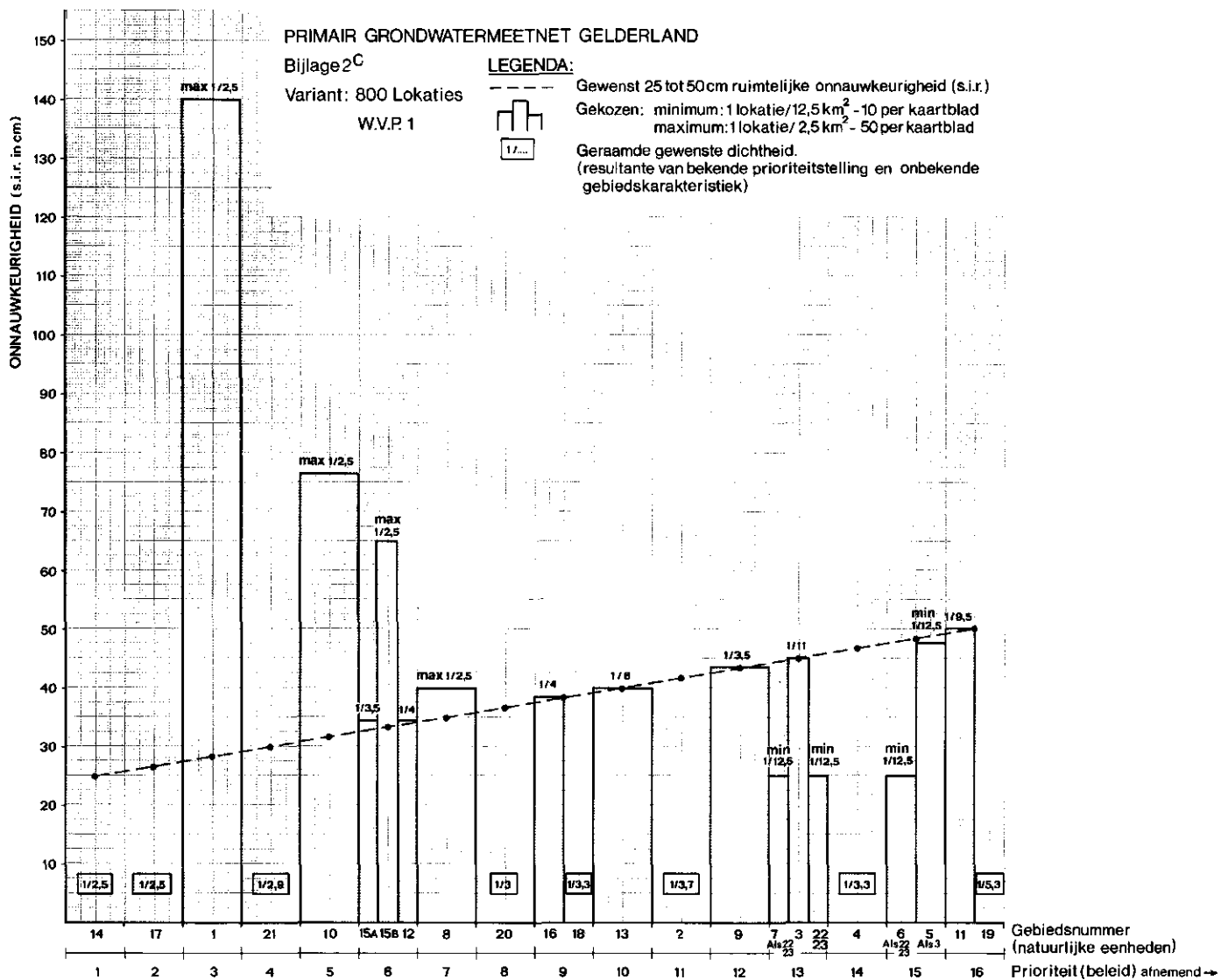


Gewenst 25 tot 50 cm ruimtelijke onnauwkeurigheid (s.i.r.)

Gekozen: minimum: 1 lokatie/12,5 km² - 10 per kaartblad

maximum: 1 lokatie/ 2,5 km² - 50 per kaartblad

Geraamde gewenste dichtheid.
(resultante van bekende prioriteitstelling en onbekende gebiedskarakteristiek)



PRIMAIR GRONDWATERMEETNET GELDERLAND

Bijlage: 2^D

Variant: 1200 Lokaties

W.V.P. 1

LEGENDA:

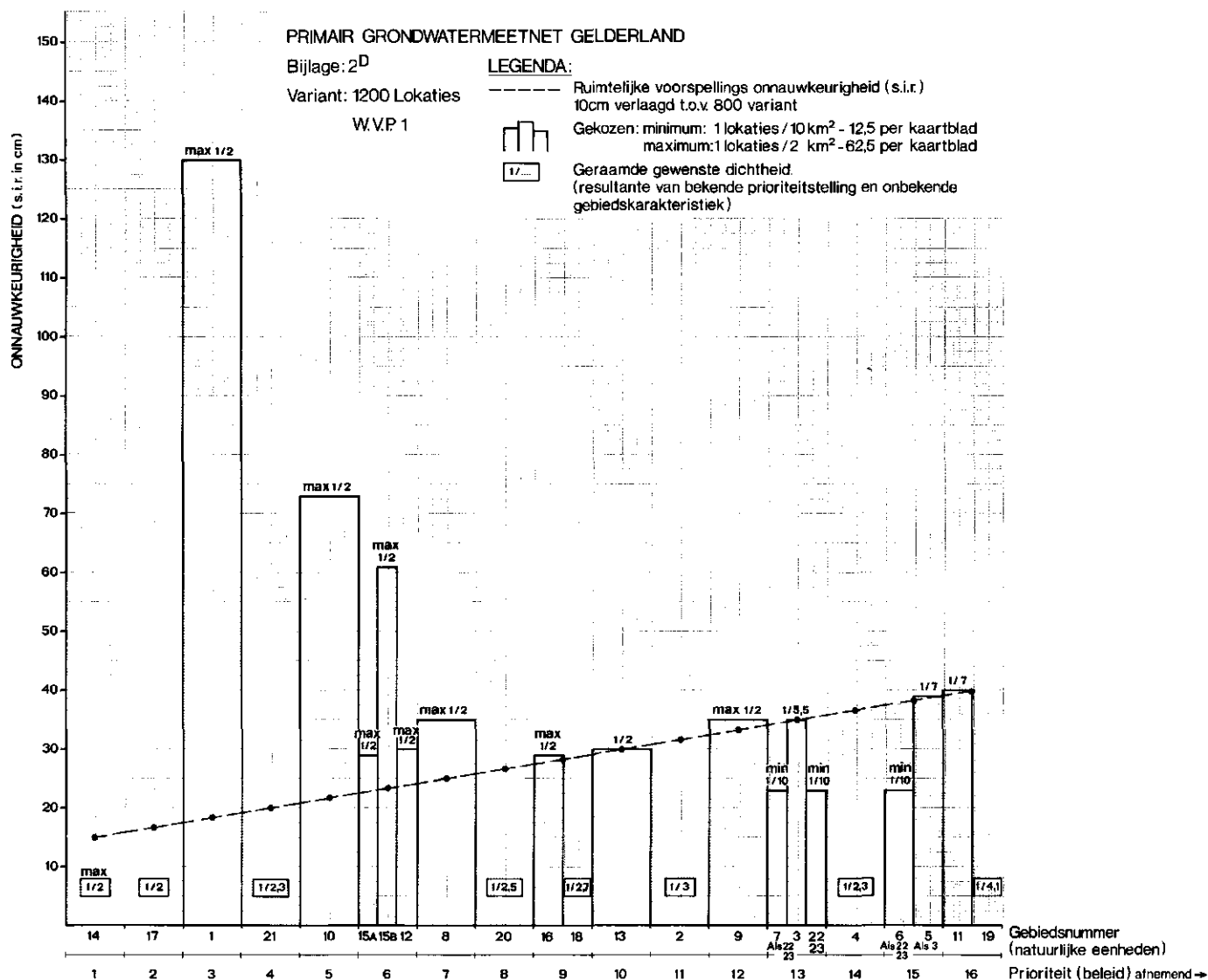
----- Ruimtelijke voorspellingen onnauwkeurigheid (s.i.r.)
10cm verlaagd t.o.v. 800 variant



1/...

Gekozen: minimum: 1 lokaties / 10 km² - 12,5 per kaartblad
maximum: 1 lokaties / 2 km² - 62,5 per kaartblad

Geraamde gewenste dichtheid.
(resultante van bekende prioriteitstelling en onbekende gebiedskarakteristiek)



PRIMAIR GRONDWATERMEETNET GELDERLAND
Bijlage: 3A Variant: "450"

Gebiedsindeling WVP 1		Oppervlakte in km ² (excl. uiterwaarden e.d.)	Gewenste ruimtelijke nauwkeurigheid (na invulling beleid) S.I.R. (in om) (2)	Gekozen ruimtelijke nauwkeurigheid (Beleid + Correlatiestr.) (3)		S.I.R. (in om) (4)	WVP 1 (5)	Gewenst aantal lokaties (6)		Gekozen lokaties (8)		
Gebiedsnummer	Omschrijving			dichtheid	1/3 _a (max.)			Verdichting t.b.v. holobeen	totaal (7)	bestaand	nieuw	totaal (10)
1	terras Oost-Gelderland (WVP < 10m)	326	49	1/3 _a (max.)	155	86	86	49	36	85		
2	geul van Winterswijk	66	62	1/7	—	9	9	7	2	9		
3	centraal zandgebied Oost-Gelderland	941	65	1/2 _a (min.)	53	38	38	37	1	30		
4	stuwwal van Montferland	10	67	1/6	—	2	2	2	—	2		
5	oude rivierklei rond Azewijn (als 3)	47	69	1/2 _s (min.)	53	2	2	2	—	2		
6	komkleigebied "De Liemers" (als 22/23)	46	69	1/2 _s (min.)	30	2	2	2	—	2		
7	riverstrangengebied ten zuiden van Zevenaar (als 22/23)	73	65	1/2 _a (min.)	30	3	3	2	1	3		
8	zandgebied Brummen-Voorst	175	55	1/6	55	30	30	27	3	30		
9	polderdistrict Veluwe	98	64	1/6	64	13	13	11	2	13		
11	overgangsbied Oost-Veluwe	173	52	1/3 _a (max.)	85	46	46	39	7	46		
11	Centraal Veluwe Massief	770	70	1/4	70	55	55	52	3	55		
12	randmeezone Noord-West Veluwe	87	54	1/4 _s	54	5	5	5	—	5		
13	overgangsbied Noord-West Veluwe	54	60	1/2 _s	60	2	2	2	—	2		
14	Arnhemheen	26	45	1/2 _a	—	7	7	7	—	7		
15A	Gelderse Vallei	325	54	1/6	54	41	41	36	5	41		
15B	Pulten	50	54	1/3 _a (max.)	75	13	13	13	—	13		
16	Veenendaal (als 15A)	16	59	1/6	59	2	2	2	—	2		
17	schijngroundwaterspiegel Hierdense beek	55	47	1/6	—	11	11	9	2	11		
18	schijngroundwaterspiegel Zuidelijke Veluwezoom	20	59	1/6 _a	—	3	3	3	—	3		
19	stuwwal van Nijmegen	37	70	1/6	—	4	4	4	—	4		
20	beekken van Groesbeek	15	57	1/6	—	3	3	3	—	3		
21	rug van Wijchen	23	60	1/4 _a	—	4	4	4	—	4		
22 / 23	komkleigronden Rivierenland stroomruiggronden Rivierenland	977	65	1/2 _s (min.)	30	39	39	36	2	40		
							totaal	356	64	420		

□ = geraamde dichtheid

PRIMAIR GRONDWATERMEETNET GELDERLAND
Bijlage: 3B Variant: "600"

Gebiedsindeling WVP 1		Oppervlakte in km ² (excl. uiterwaarden e.d.)	Gewenste ruimtelijke nauwkeurigheid (na invulling beleid) S.I.R. (in cm) (2)	Gekozen ruimtelijke nauwkeurigheid (Beleid +Correlatiestr.)		Gewenst aantal lokaties			Gekozen lokaties		
Gebieds-nummer	Omschrijving			(3)	S.I.R. (in cm)	WVP 1	Verdichting t.b.v. holoceen	(7) totaal	(8) bestaand	(9) nieuw	(10) totaal
1	terras Oost-Gelderland (WVP < 10m)	326	39	1/3,1 (max.)	105		105	53	52	105	
2	geul van Winterswijk	66	52	1/4,7	14		14	11	5	16	
3	centraal zandgebied Oost-Gelderland	941	55	1/16,7 (min.)	56		56	54	1	55	
4	stuwwal van Montferland	10	57	1/5	2		2	2		2	
5	oude rivierlei rond Azewijn (als 3)	47	59	1/16,7 (min.)	3	1	4	4		4	
6	komkleigebied "De Liemers" (als 22/23)	46	55	1/16,7 (min.)	3	1	4	6		6	
7	riverstrangengebied ten zuiden van Zevenaer (als 22/23)	73	55	1/16,7 (min.)	4	1	5	4	1	5	
8	zandgebied Brummen-Voorst	175	45	1/3,5	50		50	46	4	50	
9	polderdistrict Veluwe	98	54	1/6,5	18		18	17	2	19	
10	overgangsbied Oost-Veluwe	173	42	1/3,1 (max.)	56		56	42	14	56	
11	centraal Veluwe massief	770	60	1/2	64		64	61	3	64	
12	randmeerzone Noord-West Veluwe	87	44	1/7	12		12	11	1	12	
13	overgangsbied Noord-West Veluwe	54	50	1/1	5		5	5		5	
14	Arkenneen	26	35	1/3,1	9		9	7	2	9	
15A	Gelderse Vallei	325	44	1/6,5	59		59	52	7	59	
15B	Putten	50	44	1/3,5 (max.)	16		16	15	1	16	
16	Veenendaal (als 15A)	16	49	1/6	3		3	3		3	
17	schijngronwaterspiegel Hierdense beek	55	37	1/3,3	17		17	12	5	17	
18	schijngronwaterspiegel Zuidelijke Veluwezoom	20	49	1/4,5	5		5	5		5	
19	stuwwal van Nijmegen	37	60	1/7	5		5	5		5	
20	bekken van Groesbeek	15	47	1/4	4		4	4		4	
21	rug van Wijchen	23	40	1/4,8	6		6	5	1	6	
22 / 23	komkleigonden Rivierenland stroomruigten Rivierenland	977	55	1/16,7 (min.)	59	23	81	79	4	33	
							totaal	503	103	606	

□ = geraamde dichtheid

PRIMAIR GRONDWATERMEETNET GELDERLAND
Bijlage: 3C Variant: "600"

Gebiedsindeling WVP 1		Oppervlakte in km ² (excl. uiterwaarden e.d.)	Gewenste ruimtelijke nauwkeurigheid (na invulling beleid) S.I.R. (in cm)	Gekozen ruimtelijke nauwkeurigheid (Beleid +Correlatiestr.)		S.I.R. (in cm)	(4)	Gewenst aantal lokaties			Gekozen lokaties		
Gebiedsnummer	Omschrijving			(1)	(2)			(3)	(3)	WVP 1	Verdichting l.b.v. holoceen	(6)	(7)
1	terras Oost-Gelderland (WVP < 10m)	326	29	1/2,5 (max.)	140	130				130	50	80	130
2	geul van Winterswijk	66	42	1/2,5	—	18				18	14	5	19
3	centraal zandgebied Oost-Gelderland	941	45	1/11	45	86				86	85	1	86
4	stuwval van Montferland	10	47	1/2,5	—	3				3	3		3
5	oude rivierlei rond Azewijn (als 3)	47	49	1/2,5	48	4				4	7		7
6	komkleigebied "De Liemers" (als 22/23)	46	49	1/2,5 (min.)	25	4		3		7	7		7
7	riverstrangengebied ten zuiden van Zevenaar (als 22/23)	73	45	1/2,5 (min.)	25	6		1		7	6	1	7
8	zandgebied Brunnen-Voorst	175	35	1/2,5 (max.)	40	70				70	55	14	69
9	polderdistrict Veluwe	98	44	1/2,5	44	28				28	22	6	28
10	overganggebied Oost-Veluwe	173	32	1/2,5 (max.)	77	70				70	50	19	69
11	centraal Veluwe massief	770	50	1/2,5	50	81				81	76	4	80
12	randmeerzone Noord-West Veluwe	87	34	1/4	34	22				22	20	2	22
13	overganggebied Noord-West Veluwe	54	40	1/6	40	9				9	8	1	9
14	Arkenheer	26	25	1/2,5	—	13				13	11	2	13
15A	Gelderse Vallei	325	34	1/2,5	34	92				92	72	18	90
15B	Putten	50	34	1/2,5 (max.)	65	21				21	20	1	21
16	Veenendaal (als 15A)	16	39	1/4	39	4				4	4		4
17	schijngroundwaterspiegel Hierdense beek	55	27	1/2,5	—	22				22	17	5	22
18	schijngroundwaterspiegel Zuidelijke Veluwezoom	20	39	1/2,5	—	6				6	6		6
19	stuwval van Nijmegen	37	50	1/2,5	—	7				7	6	1	7
20	bekken van Groesbeek	15	37	1/3	—	5				5	.5		5
21	rug van Wijchen	23	30	1/2,5	—	8				8	7	1	8
22/23	komkleigronden Rivierenland stroomnuggenronden Rivierenland	977	45	1/2,5 (min.)	25	78		10		88	84	5	89
										totaal	635	166	803

= geraamde dichtheid

PRIMAIR GRONDWATERMEETNET GELDERLAND

Bijlage: 3D Variant: "1300"

Gebiedsnummer	Omschrijving	Oppervlakte in (km ²) (excl. uiterwaarden e.d.)	Gewenste ruimtelijke nauwkeurigheid (na invulling S.I.R. (in cm))	Gekozen ruimtelijke nauwkeurigheid (Beleid +Correlatiestr.)	Gewenst aantal lokaties			
					(3)	(4)	(5)	(6)
1	terras Oost-Gelderland (WVP < 10m)	326	19	1/2 (max.)	130	163		163
2	geul van Winterswijk	66	32	1/3	—	22		22
3	centraal zandgebied Oost-Gelderland	941	35	1/5,5	35	171		171
4	stuwwal van Montferland	10	37	1/2,3	—	4		4
5	oude rivierklei rond Azewijn (als 3)	47	39	1/2	39	7		7
6	kompleeggebied "De Liemers" (als 2/23)	46	39	1/10 (min.)	23	5	2	7
7	riverstrangengebied ten zuiden van Zevenaar (als 2/23)	73	35	1/10 (min.)	23	3	11	18
8	zandgebied Brummen-Voorst	175	25	1/2 (max.)	35	88		88
9	polderdistrict Veluwe	98	34	1/2 (max.)	35	49		49
10	overgangengebied Oost-Veluwe	173	22	1/2 (max.)	73	87		87
11	Centraal Veluwe Massief	770	40	1/2	40	110		110
12	randmeerzone Noord-West Veluwe	87	24	1/2 (max.)	30	44		44
13	overgangengebied Noord-West Veluwe	54	30	1/2	30	27		27
14	Arnhem	26	15	1/2 (max.)	—	13		13
15A	Gelderse Vallei	325	24	1/2 (max.)	29	163		163
15B	Putten	50	24	1/2 (max.)	62	25		25
16	Veenendaal (als 15A)	16	29	1/2 (max.)	29	8		8
17	schijngroundwaterspiegel Hierdense beek	55	17	1/2	—	27		27
18	schijngroundwaterspiegel Zuidelijke Veluwezoom	20	29	1/2,7	—	8		8
19	stuwwal van Nijmegen	37	40	1/4,1	—	9		9
20	bekken van Groesbeek	15	27	1/2,5	—	6		6
21	rug van Wijchen	23	20	1/2,3	—	10		10
22 / 23	kompleeggebied Rivierenland stroomruggen Rivierenland	977	35	1/10 (min.)	23	98	146	244
					totaal:	1151	159	1310

☐ = geraamde dichtheid

KOSTENRAMING PRIMAIR GRONDWATERMEETNET GELDERLAND

Bijlage: 4 Normbedragen

	berekening HNA	berekening DGV-TNO	aangehouden in kostenraming grondwatermeetnet
stichtings- aanlegkosten	nieuwe diepe putten nieuwe ondiepe filters (buizen 5 m) afschrijvingsduur vestiging zakelijk recht	f 200,-/m' ----- 50 jaar f 200,-	f 200,-/m' f 200,-/m' 50 jaar f 200,-
beheer en onderhoud	vervangng diepe lokaties (putten) ondiepe lokaties (buizen) organisatie waarnemen eerste controle en rappelleren verwerking techn. geg. (inclusief correspondentie) preventief onderhoud herstel onderhoud	f 100,-/punt/jaar (gem. lengte = 100m) ----- f 35,-/punt/jaar f 1,60/waarneming f 15,-/filter/jaar f 100,-/punt/jaar) f 70,-/punt/jaar f 35,-/punt/jaar f 20,-/waarneming	1/50 x f 200,- x 25 meter f 35,-/punt/jaar f 1,60/waarneming f 15,-/filter/jaar f 3.000,- (eenmalig; apparaatuur) + f 100,-/punt/jaar 1/10 x f 350,- (incl. 20% onwerkb.) f 20,-/punt
waterpassen			
waarnemen			
gegevensbeheer	invoer controle definitieve kwaliteitscontrole opslagkosten	data-entry direct + verificatie } f 0,60/ waarn. data-entry jaar- waarneming + ver. } f 0,20/ waarn. f 1,25/waarneming f 7.50/filter/jaar (24 waarn.; reeks 10 jaar)	f 0,10/waarneming 750 waarn./mandag à f 500,-
bestandbeheer en onderhoudsprogrammatuur	4 mandagen à f 500,-/ mnd (incl. communicatie met TNO)	kwalletscontrole 1x/jaar ruimtelijke f 15,-/filter/ jaar per reeks; f 15,-/ filter/jaar	4 mandagen à f 500,-/maand (incl. communicatie)
rekentijd + uitvoer	f 12.500,-/jaar (vast)	vaste communicatiekosten (excl. modem/terminal): f 16.000,-/jaar gebruikskosten PM	f 12.500,-/jaar (vast)
management meetnet	organisatie waarnemen controle + rappelleren		f 35,-/punt/jaar f 1,60/waarneming
afschrijving apparaatuur			PM

KOSTENRAMING PRIMAIR GRONDWATERMEETNET GELDERLAND

Bijlage: 5 Bestaande locaties

Gebiedsindeling WVP 1		"800" variant			"600" variant			"450" variant		
Gebieds-nummer	Omschrijving	verbeteringen			verbeteringen			verbeteringen		
		waterpassen	ondiep filter bijaatsen	meetfreq. verhogen	waterpassen	ondiep filter bijaatsen	meetfreq. verhogen	waterpassen	ondiep filter bijaatsen	meetfreq. verhogen
1	terras Oost-Gelderland (WVP < 10m)	29		26	28		26	24		21
2	geul van Winterswijk	2		3			2			
3	centraal zandgebied Oost-Gelderland	3	4	10	1	3	6	1	2	4
4	stuwwal van Montferland									
5	oude rivierklei rond Azewijn (als 3)			1						
6	komkleigebied "De Liemers" (als 22/23)		1	2		1	1		1	
7	riverstrangengebied ten zuiden van Zevenaar (als 22/23)			1						
8	zandgebied Brummen-Voorst	5	9	19	4	7	16	1	4	10
9	polderdistrict Veluwe	2	3	6	2	3	6	1	3	4
10	overgangsgebied Oost-Veluwe			12			12			12
11	centraal Veluwe massief	1		3	1		1			1
12	randmeerzone Noord-West Veluwe		1							
13	overgangsgebied Noord-West Veluwe									
14	Arkenheer		1			1			1	
15A	Gelderse Vallei	5	5	7	4	5	4	1	4	1
15B	Putten			2			1			1
16	Veenendaal (als 15A)		3			2			1	
17	schijngroundwaterspiegel Hierdense beek		1			1			1	
18	schijngroundwaterspiegel Zuidelijke Veluwezoom		1	1		1	1			1
19	stuwwal van Nijmegen						2			2
20	bekken van Groesbeek	1		1	1			1		
21	rug van Wijchen	1		2			1			1
22 / 23	komkleigronden Rivierenland stroomruggen Rivierenland	3	11	13	2	11	10		4	6
totaal:		52	40	109	43	35	89	29	21	64

KOSTENRAMING PRIMAIR GRONDWATERMEETNET GELDERLAND
Bijlage: 6 Nieuwe locaties

Gebiedsindeling WVP 1	"600" variant				"600" variant				"450" variant			
	ondiep		diep		ondiep		diep		ondiep		diep	
	aantal x lengte	kosten (à f 200,-/m ¹)	aantal x lengte	kosten (à f 200,-/m ¹)	aantal x lengte	kosten (à f 200,-/m ¹)	aantal x lengte	kosten (à f 200,-/m ¹)	aantal x lengte	kosten (à f 200,-/m ¹)	aantal x lengte	kosten (à f 200,-/m ¹)
1	78x5	78.000,-	2x 20	8.000,-	50x5	50.000,-	2x 20	8.000,-	34x5	34.000,-	2x 20	8.000,-
2			5x 50	50.000,-			5x 50	50.000,-			2x 50	20.000,-
3			1x 60	12.000,-			1x 60	12.000,-			1x 60	12.000,-
4												
5												
6												
7			1x 60	12.000,-			1x 60	12.000,-			1x 60	12.000,-
8	9x5	9.000,-	3x 30 1x 80 1x130	60.000,-			2x 30 1x 80 1x130	54.000,-			1x 30 1x 80 1x130	48.000,-
9	4x5	4.000,-	1x 30 1x110	28.000,-			1x 30 1x110	28.000,-			1x 30 1x110	28.000,-
10			19x 20	76.000,-			14x 20	56.000,-			7x 20	28.000,-
11			4x 50	40.000,-			3x 50	30.000,-			3x 50	30.000,-
12			2x 30	12.000,-			1x 30	6.000,-				
13			1x 15	3.000,-								
14	2x5	2.000,-			2x5	2.000,-						
15A	16x5	16.000,-	1x 10 1x 70	16.000,-	5x5	5.000,-	1x 10 1x 70	16.000,-	3x5	3.000,-	1x 10 1x 70	16.000,-
15B	1x5	1.000,-			1x5	1.000,-						
16												
17			5x 35	35.000,-			5x 35	35.000,-			2x 35	14.000,-
18												
19			1x 40	8.000,-								
20												
21	1x5	1.000,-			1x5	1.000,-						
22/23			3x 20 1x 80 1x100	48.000,-			2x 20 1x 80 1x100	44.000,-			1x 20 1x100	24.000,-
 totaal	111 stuks	111.000,-	55 stuks	408.000,-	59 stuks	59.000,-	44 stuks	347.000,-	37 stuks	37.000,-	27 stuks	240.000,-

KOSTENRAMING PRIMAIR GRONDWATERMEETNET GELDERLAND

Bijlage 7A Variant: "450"

Bestaande lokaties: 356 stuk					
Inrichten (eenmalige kosten)					
* vestigen zakelijk recht 356 x f 200,--	=	f 71.200,--			
* verbeteringen: 29 x waterpassen à f 350,-- (zie bijlage 5) 21 x L.B. bijplaatsen = 21 x f 200,-- x 5	=	- 10.150,--			
	=	- 21.000,--			
	+		102.350,--		
	-				289.200,--
Jaarlijkse kosten					
* vervangingskosten 356 x 25(m) x f 200,-- x 1/50	=	- 35.600,--			
* schoonmaken, herstellen e.d. 356 x f 50,--	=	- 17.800,--			
* vervanging vestigen zakelijk recht 356 x f 200,-- x 1/50	=	- 1.424,--			
* waterpassen 356 x f 350,-- x 1/10	=	- 12.460,--			
* waarnemen 356 x f 20,-- x 24	=	- 170.880,--			
* gegevensbeheer	=	- 2.990,--			
- invoer 356 x 24 x 3 1/2 x 0,10	=	- 19.950,--			
- controle 39,9 mandag à f 500,--	=	-			
* management meetnet	=	-			
- organisatie waarnemen 356 x f 35,--	=	- 12.460,--			
- controle + rappelleren 356 x 24 x 3 1/2 x f 1,60	=	- 47.846,--			
* bestandsbeheer	=	- 24.000,--			
* rekentijd, uitvoer	=	- 12.500,--			
* apparatuur t.b.v. schoonpompen; herstellen	=	- 3.000,--			
	+		360.910,--		
	-				56.936,--
Nieuwe lokaties: 64 stuk					
Inrichten (eenmalige kosten)					
* vestigen zakelijk recht 64 x f 200,--	=	- 12.200,--			
* plaatsen 37 landbouwbuizen: 37 x f 200,-- x 5(m)	=	- 37.000,--			
* plaatsen 27 putten (lengte zie bijlage 6)	=	- 240.000,--			
	+				289.200,--
	-				
Jaarlijkse kosten					
* vervanging: 37 landbouw: 37 x 1/50 x f 200,-- x 5(m)	=	- 740,--			
* vervanging: 27 putten (lengte zie bijlage 6) x 1/50	=	- 4.800,--			
* schoonmaken, herstellen e.d. 64 x f 50,--	=	- 3.200,--			
* vervanging zakelijk recht 64 x f 200,-- x 1/50	=	- 256,--			
* waterpassen 64 x f 350,-- x 1/10	=	- 2.240,--			
* waarnemen 64 x f 20,-- x 24	=	- 30.720,--			
* gegevensbeheer	=	-			
- invoer 64 x f 0,10 x 3 1/2 x 24	=	- 538,--			
- controle 64 x 24 x 3 1/2 = 7,2 mandag	=	- 3.600,--			
* management meetnet	=	-			
- organisatie waarnemen 64 x f 35,--	=	- 2.240,--			
- controle + rappelleren 64 x 24 x 3 1/2 x f 1,60	=	- 8.602,--			
	+				56.936,--
	-				

locaties (503 bestaand + 64 nieuw)

inrichtingskosten (eenmalige kosten) = f 102.350,-- + f 289.200,-- = f 391.550,--

jaarlijkse kosten = f 360.910,-- + f 56.936,-- = f 417.846,--

KOSTENRAMING PRIMAIR GRONDWATERMEETNET GELDERLAND

Bijlage 7B Variant: "600"

<p>Bestaande lokaties: 503 stuk</p> <p>Inrichtingen (eenmalige kosten)</p> <ul style="list-style-type: none"> * vestigen zakelijk recht 503 x f 200,-- * verbeteringen: 43x waterpassen à f 350,-- (zie bijlage 5) 35 x L.B. bijplaatsen = 35 x f 200,-- x 5 	<p>= f 100.600,--</p> <p>= - 15.050,--</p> <p>= - 35.000,--</p>	<p>+ - 150.650,--</p>	<p>Nieuwe lokaties: 103 stuk</p> <p>Inrichtingen (eenmalige kosten)</p> <ul style="list-style-type: none"> * vestigen zakelijk recht 103 x f 200,-- * plaatsen 59 landbouwbuizen: 59 x f 200,-- x 5(m) plaatsen 44 putten (lengte zie bijlage 6) 	<p>= - 20.600,--</p> <p>= - 59.000,--</p> <p>= - 351.000,--</p>	<p>+ - 430.600,--</p>
<p>Jaarlijkse kosten</p> <ul style="list-style-type: none"> * vervangingskosten 503 x 25(m) x f 200,-- x 1/50 * schoonmaken, herstellen e.d. 503 x f 50,-- * vervanging vestigen zakelijk recht 503 x f 200,-- x 1/50 * waterpassen 503 x f 350,-- x 1/10 * waarmemen 503 x f 20,-- x 24 * gegevensbeheer - invoer 503 x 24 x 3 1/2 x 0,10 - controle 56,3 mandag à f 500,-- * management meetnet - organisatie waarmemen 503 x f 35,-- - controle + rappelleren 503 x 24 x 3 1/2 x f 1,60,-- * bestandsbeheer * rekentijd; uitvoer * apparatuur t.b.v. schooppompen; herstellen 	<p>= - 50.300,--</p> <p>= - 25.150,--</p> <p>= - 2.012,--</p> <p>= - 17.605,--</p> <p>= - 241.440,--</p> <p>= - 4.225,--</p> <p>= - 23.150,--</p> <p>= - 17.605,--</p> <p>= - 67.603,--</p> <p>= - 24.000,--</p> <p>= - 12.500,--</p> <p>= - 3.000,--</p>	<p>+ - 488.590,--</p>	<p>Jaarlijkse kosten</p> <ul style="list-style-type: none"> * vervanging: 59 landbouw: 59 x 1/50 x f 200,-- x 5(m) vervanging 44 putten (lengte zie bijlage 6) x 1/50 * schoonmaken, herstellen e.d. 103 x f 50,-- * vervanging zakelijk recht 103 x f 200,-- x 1/50 * waterpassen 103 x f 350,-- x 1/10 * waarmemen 103 x f 20,-- x 24 * gegevensbeheer - invoer 103 x f 0,10 x 3 1/2 x 24 - controle 103 x 24 x 3 1/2 = 11,5 mandag * management meetnet - organisatie waarmemen 103 x f 35,-- - controle + rappelleren 103 x 24 x 3 1/2 x f 1,60 	<p>= - 1.180,--</p> <p>= - 7.020,--</p> <p>= - 5.150,--</p> <p>= - 412,--</p> <p>= - 3.605,--</p> <p>= - 49.440,--</p> <p>= - 865,--</p> <p>= - 5.750,--</p> <p>= - 3.605,--</p> <p>= - 13.843,--</p>	<p>+ - 90.870,--</p>

locaties (503 bestaand + 103 nieuw)

inrichtingskosten (eenmalige kosten) = f 150.650,-- + f 430.600,-- = f 581.250,--

jaarlijkse kosten = f 488.590,-- + f 90.870,-- = f 579.460,--

KOSTENRAMING PRIMAIR GRONDWATERMEETNET GELDERLAND

Bijlage 7C Variant: "800"

<p>Bestaande lokaties: 635 stuk</p> <p>Inrichten (eenmalige kosten)</p> <ul style="list-style-type: none"> * vestigen zakelijk recht 635 x f 200,-- * verbeteringen: 52x waterpassen à f 350,-- (zie bijlage 5) 40x L.B. bijplaatsen = 40 x f 200,-- x 5 	<p>= - 127.000,--</p> <p>= - 18.200,--</p> <p>= - 40.000,--</p>	<p>+ - 185.200,--</p>	<p>Nieuwe lokaties: 166 stuk</p> <p>Inrichten (eenmalige kosten)</p> <ul style="list-style-type: none"> * vestigen zakelijk recht 166 x f 200,-- * plaatsen 111 landbouwbuizen: 111 x f 200,-- x 5(m) * plaatsen 55 putten (lengte zie bijlage 6) 	<p>= - 34.200,--</p> <p>= - 111.000,--</p> <p>= - 408.000,--</p>	<p>+ - 553.200,--</p>
<p>Jaarlijkse kosten</p> <ul style="list-style-type: none"> * vervangingskosten 635 x 25(m) x f 200,-- x 1/50 * schoonmaken, herstellen e.d. 635 x f 50,-- * vervanging vestigen zakelijk recht 635 x f 200,-- x 1/50 * waterpassen 635 x f 350,-- x 1/10 * waarnemen 635 x f 20,-- x 24 * gegevensbeheer - invoer 635 x 24 x 3 1/2 x 0,10 - controle 71,1 mandag à f 500,-- * management meetnet - organisatie waarnemen 635 x f 35,-- - controle + rappelleren 635 x 24 x 3 1/2 x f 1,60 * bestandsbeheer * rekentijd; uitvoer * apparatuur i.b.v. schooppompen; herstellen 	<p>= - 63.500,--</p> <p>= - 31.750,--</p> <p>= - 2.540,--</p> <p>= - 22.225,--</p> <p>= - 304.800,--</p> <p>= - 5.334,--</p> <p>= - 35.550,--</p> <p>= - 22.225,--</p> <p>= - 85.344,--</p> <p>= - 24.000,--</p> <p>= - 12.500,--</p> <p>= - 3.000,--</p>	<p>+ - 612.768,--</p>	<p>Jaarlijkse kosten</p> <ul style="list-style-type: none"> * vervanging: 111 landbouw: 111 x 1/50 x f 200,-- x 5(m) vervanging 55 putten (lengte zie bijlage 6) x 1/50 * schoonmaken, herstellen e.d. 111 x f 50,-- * vervanging zakelijk recht 166 x f 200,-- x 1/50 * waterpassen 166 x f 350,-- x 1/10 * waarnemen 166 x f 20,-- x 24 * gegevensbeheer - invoer 166 x f 0,10 x 3 1/2 x 24 - controle 166 x 24 x 3 1/2 = 18,6 mandag 750 * management meetnet - organisatie waarnemen 166 x f 35,-- - controle + rappelleren 166 x 24 x 3 1/2 x f 1,60 	<p>= - 2.220,--</p> <p>= - 8.160,--</p> <p>= - 5.550,--</p> <p>= - 664,--</p> <p>= - 5.810,--</p> <p>= - 79.680,--</p> <p>= - 1.395,--</p> <p>= - 9.300,--</p> <p>= - 5.810,--</p> <p>= - 22.310,--</p>	<p>+ - 140.899,--</p>

locaties (503 bestaand + 166 nieuw)

inrichtingskosten (eenmalige kosten) = f 185.200,-- + f 553.200,-- = f 738.400,--

jaarlijkse kosten = f 612.768,-- + f 140.899,-- = f 753.667,--

KOSTENRAMING PRIMAIR GRONDWATERMEETNET GELDERLAND

Bijlage 7D

Variant: "600+"

Bestaande lokaties: 503 stuk					
Inrichtingen (eenmalige kosten)					
* vestigen zakelijk recht 503 x f 200,--	=	f	100.600,--		
* verbeteringen: 43x waterpassen à f 350,-- (zie bijlage 5) 35 x L.B. bijplaatsen = 35 x f 200,-- x 5	=	-	15.050,--		
	=	-	35.000,--		
		+		150.650,--	
		-			430.600,--
Jaarlijkse kosten					
* vervangingskosten 503 x 25(m) x f 200,-- x 1/50	=	-	50.300,--		
* schoonmaken, herstellen e.d. 503 x f 50,--	=	-	25.150,--		
* vervanging vestigen zakelijk recht 503 x f 200,-- x 1/50	=	-	2.012,--		
* waterpassen 503 x f 350,-- x 1/10	=	-	17.605,--		
* waarnemen 503 x f 20,-- x 24	=	-	241.440,--		
* gegevensbeheer	=	-			
- invoer 503 x 24 x 3 1/2 x 0,10	=	-	4.225,--		
- controle 56,3 mandag à f 500,--	=	-	23.150,--		
* management meetnet	=	-			
- organisatie waarnemen 503 x f 35,--	=	-	17.605,--		
- controle + rappelleren 503 x 24 x 3 1/2 x f 1,60,--	=	-	67.603,--		
* bestandsbeheer	=	-	24.000,--		
* rekentijd; uitvoer	=	-	12.500,--		
* apparatuur t.b.v. schoonepompen; herstellen	=	-	3.000,--		
		+		488.590,--	
		-			90.870,--
Nieuwe lokaties: 103 stuk					
Inrichtingen (eenmalige kosten)					
* vestigen zakelijk recht 103 x f 200,--	=	-	20.600,--		
* plaatsen 59 landbouwbuizen: 59 x f 200,-- x 5(m)	=	-	59.000,--		
plaatsen 44 putten (lengte zie bijlage 6)	=	-	351.000,--		
		+			430.600,--
		-			
Jaarlijkse kosten					
* vervanging: 59 landbouw: 59 x 1/50 x f 200,-- x 5(m)	=	-	1.180,--		
vervanging 44 putten (lengte zie bijlage 6) x 1/50	=	-	7.020,--		
* schoonmaken, herstellen e.d. 103 x f 50,--	=	-	5.150,--		
* vervanging zakelijk recht 103 x f 200,-- x 1/50	=	-	412,--		
* waterpassen 103 x f 350,-- x 1/10	=	-	3.605,--		
* waarnemen 103 x f 20,-- x 24	=	-	49.440,--		
* gegevensbeheer	=	-			
- invoer 103 x f 0,10 x 3 1/2 x 24	=	-	865,--		
- controle 103 x 24 x 3 1/2 = 11,5 mandag	=	-	5.750,--		
* management meetnet	=	-			
- organisatie waarnemen 103 x f 35,--	=	-	3.605,--		
- controle + rappelleren 103 x 24 x 3 1/2 x f 1,60	=	-	13.843,--		
		+			90.870,--
		-			
Tijdelijk bijplaatsen					
* plaatsen 15 putten x f 200,-- x 10(m)	=	-	30.000,--		
* waterpassen 15 x f 350,--	=	-	5.250,--		
* waarnemen 15 x f 20,-- x 24	=	-	7.200,--		
* gegevensbeheer f 54,-- + f 350,--	=	-	404,--		
* management f 525,-- + f 864,--	=	-	1.389,--		
		+			44.243,--
		-			

locaties (503 bestaand + 103 nieuw)

Inrichtingskosten (eenmalige kosten) = f 150.650,-- + f 430.600,-- = f 581.250,--

jaarlijkse kosten = f 488.590,-- + f 90.870,-- + f 44.243,-- = f 623.703,--

Bijlage 8

Inventarisatielijst bij beoordeling grondwaterstandsmeetpunten

kaartblad + codering meetpunt (TNO)

naam: _____
 adres: _____
 beheerder grondw.st.meetpunt: _____
 naam: _____
 adres: _____
 eigenaar terrein: _____
 naam: _____
 adres: _____
 situatieschets aanwezig: ja/nee goed/redelijk/slecht
 juistheid: _____
 ter plaatse gecorrigeerd: ja/nee ja/nee
 opnieuw innemen: _____

WAARNEMER
 vrijwilliger (sem.) : overheid/anders: _____
 naam: _____
 adres: _____
 beheerder grondw.st.meetpunt: _____
 naam: _____
 adres: _____
 eigenaar terrein: _____
 naam: _____
 adres: _____
 situatieschets aanwezig: ja/nee goed/redelijk/slecht
 juistheid: _____
 ter plaatse gecorrigeerd: ja/nee ja/nee
 opnieuw innemen: _____

TECHNISCHE UITVOERING MEETPUNT

MATERIAALSOORT: plastic cementbeton anders: _____
 diameter buis: _____ cm
 afsluitdop met ontluchting: wel/niet

STAAT van ONDERHOUD: goed/secht slecht
 (breuk; ontzet; roest; verstopping e.d.)

KWETSBAARHEID
 afsluitbare mantelbuis: _____
 soort slot: _____
 andere wijze van bescherming (trottoirtegel e.d.): _____

m.b.t. de plaats --- nabijheid publiektoegankelijke routes en vernielingsgevoeligheid: _____
 --- kwetsbare plaats: _____
 eventuele toelichting: _____

OPMERKINGEN
 --- handhaving in toekomst: _____
 goed/niet optimaal/slecht

ALGEMENE GEGEVENS

Grondgebruik t.p.v. meetpunt: grasland/bouwland/langs openbare wegbos/anders: _____

	NORMALE OMSTANDIGHEDEN		EXTREME OMSTANDIGHEDEN (sneeuw)	
Bereikbaarheid voor waarnemer (beschrijving z.o.z.)	auto	goed/redelijk/slecht	goed/redelijk/slecht	(meter)
	loopafstand	(meter)		
	obstakels?	ja/nee:		
Begaanbaarheid terrein (beschrijving z.o.z.)		goed/redelijk/slecht		goed/redelijk/slecht
Opsporing (tengvinden) meetlocatie		goed/redelijk/slecht		goed/redelijk/slecht
Extra markering gewenst?		ja/nee:		ja/nee:

ONDIEP WAARNEMINGSPUNT
 situering: _____
 * hoogte/ligging meetpunt: helling/hoger/lager/gemiddeld _____ t.o.v. omliggend terrein
 beheerst peil: _____ (m)
 * aanwezigheid + afstand storende invloeden: sloten _____ (m)
 verharde opp. (afst. kleiner 20m): _____ (m)
 gebouwen (afst. kleiner 20m): _____ (m)
 grote bomen (afst. kleiner 20m): _____ (m)

INDIEN NIET GEMETEN
 code kaartenheid (bodemtype): _____
 oorzak: ontoegankelijk ja/nee
 defect ja/nee
 speciaal slot ja/nee
 anders

Beschrijving

Bereikbaarheid terrein

normale omstandigheden :

extreme omstandigheden :

Begaanbaarheid terrein

normale omstandigheden :

extreme omstandigheden :

Opmerkingen