



# Geohydrologische effecten van de inrichting van de Rosandepolder

RIZA werkdokument nr: 2000.149X

Opdrachtgever: RWS Directie Oost Nederland

6 oktober 2000



# Geohydrologische effecten van de inrichting van de Rosandepolder

RIZA werkdokument nr: 2000.149X

Opdrachtgever: RWS Directie Oost Nederland

6 oktober 2000

Auteurs:

T. Reitsma WSG

W.J. de Lange WSG

J.M. van Steenwijk WSC

### **1 Inleiding 5**

### **2 Overzicht van de gegevens uit de literatuur per onderwerp 7**

#### **2.1 Topografie 7**

#### **2.2 Geologie 7**

#### **2.3 Geohydrologie 7**

#### **2.4 Grondwaterstanden en grondwatersysteem 9**

#### **2.5 Oppervlaktewatersysteem 9**

#### **2.6 Neerslag 10**

#### **2.7 Grondwaterwinningen 10**

#### **2.8 Grondwaterkwaliteit 10**

#### **2.9 Vuilstort 10**

#### **2.10 Discussie over de grondwatersituatie 11**

### **3 Beschrijving van de voorgenomen inrichting van het gebied 13**

#### **3.1 Aanleg van een laagdynamische strang 13**

#### **3.2 Bergen van niet vermarktbare grond in de put van Moorlag 13**

#### **3.3 Aanleg van een beek- en kwelmoeras 13**

#### **3.4 Optie tot omputten 13**

#### **3.5 Versterken van de kwelzone langs de stuwwal 14**

#### **3.6 Verlagen van het maaiveld 14**

### **4 Te verwachten geohydrologische en milieuchemische effecten van de voorgenomen inrichting 15**

#### **4.1 De effecten in het algemeen 15**

#### **4.2 Te verwachten effecten op de grondwatersituatie in de omgeving van de ingreep als gevolg van de ingreep 16**

##### **4.2.1 Effecten van de aanleg van de laagdynamische strang 16**

##### **4.2.2 Effecten van bergen van niet vermarktbare grond in de put van Moorlag 18**

##### **4.2.3 Effecten van aanleg van een beek- en kwelmoeras 20**

##### **4.2.4 Omputten en effecten van omputten 21**

##### **4.2.5 Versterken van de kwelzone langs de stuwwal 21**

##### **4.2.6 Effecten van verlagen van het maaiveld 22**

### **5 Conclusies en aanbevelingen 23**

### **6 Te hanteren criteria voor effecten op verspreiding van verontreinigingen en veranderingen in de grondwatersituatie 25**

#### **Literatuur 27**

#### **Bijlagen 29**

#### **Figuren 39**



---

# 1 Inleiding

In het kader van Ruimte voor de Rivier wordt door Directie Oost Nederland (DON) nagegaan of door herinrichting van de Rosandepolder meer waterbergend vermogen gekoppeld kan worden aan doelstellingen zoals recreatie en natuurontwikkeling in de uiterwaarden. Deze herinrichting omvat een aantal ingrepen die effect kunnen hebben op de grondwatersituatie in de polder en omgeving.

In deze rapportage wordt verslag gedaan van de eerste fase van het onderzoek naar deze effecten. In deze eerste fase wordt een inschatting van de effecten gemaakt op basis van gemakkelijk toegankelijke en direct beschikbare gegevens over het gebied.

Het doel van deze eerste inschatting is een indruk te krijgen van de grootteorde en de aard van de effecten op het grondwater in het gebied. Het gaat daarbij dus om een globale inschatting.

Voor wat betreft de effecten van het bergen van niet vermarktbaar grond in de put van Moortlag worden in deze rapportage alleen de effecten voor de **grondwaterbeweging** beschreven. Voor de effecten door het verspreiden van de in de put aanwezige stoffen wordt verwezen naar een andere rapportage (Steenwijk, 2000).

Uit de resultaten zal blijken of de grootteorde en de aard van de effecten zodanig zijn dat bepaalde doelen niet zullen worden gehaald of dat bepaalde milieuhygiënische normen zullen worden overschreden of dat bepaalde belangen kunnen worden geschaad.

Indien de globale inschatting van de effecten hierop wijst, dan is het noodzakelijk gedetailleerder onderzoek uit te voeren om de effecten nauwkeuriger te kunnen aangeven of, indien mogelijk, bepaalde compenserende maatregelen te nemen zodat de effecten worden verkleind.

De deelrapportage wordt afgesloten met conclusies over de effecten en aanbevelingen voor verder onderzoek.





## 2 Overzicht van de gegevens uit de literatuur per onderwerp

### 2.1 Topografie

Ten noorden van de Rijn is er een steile overgang van de Veluwestuwwal naar de uiterwaarden langs de noordoever.

Het maaiveld daalt hier over een afstand van 500m van 50m + NAP (Heveadorp) tot 9m + NAP in de uiterwaarden.

De Rosandepolder is een vlakke deels afgegraven uiterwaard met een maaiveld van ca 8 - 10m + NAP. Het maaiveld van de Mariëndaalse Ossenwaard ligt op ca 10,5m + NAP.

### 2.2 Geologie

Geologisch kunnen in het onderzoeksgebied twee deelgebieden worden onderscheiden: het stuwwalgebied en het rivierengebied.

#### Stuwwalgebied

Dit gebied is gevormd tijdens de voorlaatste ijstijd (het Saalien). De door de rivieren afgezette lagen zijn door het ijs opgestuwd. Het gestuwde pakket bestaat uit de fluviatiele zanden en kleien van de Formaties van Tegelen, Kedichem, Harderwijk, Enschede, Sterksel en Urk.

Het gestuwde pakket reikt van ca 130m + NAP in het Oosten tot 45m + NAP in het westen van de stuwwal, tot maximaal 30m - NAP (bovenkant Formatie van Kedichem). Onder het landijs heeft zich keileem gevormd (Formatie van Drente).

Tijdens de laatste ijstijd (Weichselien) heerste hier een koud klimaat, maar kwam er geen landijs voor. De afzettingen uit die tijd zijn van lokale herkomst (Formatie van Twente). In de stuwwal zijn tal van dalen uitgeschuurd door afstroming van smeltwater in het voorjaar bij een bevroren ondergrond (permafrost).

#### Rivierengebied

Na het verdwijnen van het landijs zijn hier grofzandige grindrijke riviersedimenten (Formatie van Kreftenheye) afgezet bedekt met leem (laagdikte leem is maximaal 1m). In het Holoceen zijn vervolgens fluviatiele sedimenten van meanderende rivieren afgezet (Betuweformatie). De stroomgordels bestaan uit: zand, kleiig zand en zandige klei. De komgronden veelal uit zware klei. De totale dikte van de rivierafzettingen is 2 - 8m.

### 2.3 Geohydrologie

Voor de beschrijving van de geohydrologie worden dezelfde deelgebieden onderscheiden als bij de geologie: het stuwwalgebied en het rivierengebied.

#### Stuwwalgebied

Het stuwwalgebied wordt geohydrologisch uitvoerig beschreven in Athmer, W.H.G.J. en J. Supèr (1994,(1)). Het merendeel van de aanwezige stuwwallen bestaat uit goed doorlatende zanden en slecht doorlatende kleien. De stuwwal tussen Kievitsdel en Oosterbeek is zeer sterk kleiig ontwikkeld (men spreekt van kleischotten).

### **Rivierengebied**

Ter toelichting zijn de figuren 1 en 2 (Profiel B-B' en C-C'), overgenomen uit Athmer, W.H.G.J. en J. Supèr (1994,(1)), opgenomen. Dit is een profielloosnede waarin de verschillende formaties zijn aangegeven.

De formatie van Drente (zoals onder de geologie genoemd) komt ter plaatse van de Rosandepolder niet als scheidende laag voor.

De opbouw ter plaatse van de Rosandepolder is globaal als volgt:

#### **van maaiveld tot 5m - maaiveld:**

Betuweformatie: zandige stroomruggen en kleiige komgronden; het maaiveld ligt op 8 - 10m + NAP.

stroomruggen met een horizontale doorlatendheid van 5 m/d en een weerstand tegen verticale stroming (c) van 60 d; komklei met een horizontale doorlatendheid van 1 m/d (deels door de aanwezige zandbanen) en een weerstand tegen verticale stroming (c) van 150 dagen.

#### **van 5m - maaiveld (ca 3m + NAP) tot ca 15-25m - NAP:**

Formatie van Kreftenheye

deze formatie heeft een doorlatendheid van 60 - 70 m/d.

#### **dan tot ca 40m - NAP:**

Formatie van Kedichem

#### **tot ca 70m - NAP:**

Formatie van Harderwijk

#### **tot ca 90m - NAP:**

Formatie van Tegelen

#### **tot ca 110m - NAP:**

Formatie van Maassluis

#### **en tot ca 150m - NAP:**

Formatie van Oosterhout

#### **ca 170m - NAP:**

hydrologische basis Formatie van Breda

In Athmer, W.H.G.J. en J. Supèr (1994,(2)) is de geohydrologie geschematiseerd en gemodelleerd. Om de stijghoogte in de Betuwe formatie goed te kunnen modelleren is deze formatie gemodelleerd door in het watervoerend pakket een scheidende laag aan te brengen voor de verticale component (zie figuur 3, overgenomen uit Athmer, W.H.G.J. en J. Supèr (1994,(2))).

Gebruikt is voor het rivierengebied:

1<sup>ste</sup> watervoerend pakket (wvp): toplaag (maaiveld tot fictief 4m + NAP): doorlatendheid 3 m/d

1<sup>ste</sup> scheidende laag: 1 m dikke Betuweformatie met weerstand 60 d en 200 d voor de klei op 4m + NAP (fictief)

2<sup>de</sup> wvp: Kreftenheye

2<sup>de</sup> scheidende laag: Kedichem

3<sup>de</sup> wvp: Harderwijk/Kedichem zandig

3<sup>de</sup> scheidende laag: Tegelen/Maassluis

4<sup>de</sup> wvp: Maassluis/Oosterhout

basis: Oosterhout/Breda (kleiige afzettingen)

Op grond van de dikte van de Betuweformatie in dit gebied en de bodemligging van de Rijn ter plaatse, is het zeer waarschijnlijk dat de Rijn hier de Betuweformatie doorsnijdt.



---

## 2.4 Grondwaterstanden en grondwatersysteem

In het gebied staan of hebben in de loop van de tijd voor diverse onderzoeken peilbuizen voor het ondiepe grondwater gestaan.

Van de metingen die in dat kader zijn gedaan, is in de literatuur een aantal gegevens gepresenteerd. Daarvan wordt hier een overzicht gegeven. Het gehele stromingspatroon wordt aangegeven in figuur 4 (overgenomen uit Garritsen (1996)).

### **Metingen 1992/93 KIWA (Supèr, J. en C.M. Gommer, 1993)**

In figuur 5 zijn de locaties van de waarnemingsputten aangegeven (overgenomen) en de waarnemingen zijn eveneens bijgevoegd (figuur 6). Op basis van deze metingen zijn isohypsenkaarten gemaakt voor het gebied. Vaak staan de waarnemingsbuizen droog en soms staat het water hoger dan de bovenkant van de buis. Er zijn dus maar enkele goede waarnemingen beschikbaar.

In het rapport van Supèr, J. en C.M. Gommer (1993) worden isohypsenkaarten van een droge, een gemiddelde en een natte situatie gepresenteerd (zie figuur 7, 8 en 9).

In Athmer (1994,(2)) wordt genoemd dat in de Rosandepolder het peil in de waterlopen grote invloed heeft op de grondwaterstand.

Uit Supèr, J. en C.M. Gommer (1993):

De grondwaterstroming over de **vuilstort** bleek in oktober-december 1991 van noordoost naar zuidwest gericht met een gradiënt van maximaal 0,4 m/km. De grondwaterstand varieerde van 8.0 - 8.5m + NAP.

In de uiterwaarden wordt een kwelstroom vanuit het Veluwemassief verwacht. In de 3 waarnemingsputten tot een diepte van 15m - maaiveld kon geen hydrologische gradiënt worden aangetoond. In de uiterwaard is er dus over het algemeen geen sprake van kwel. Aan de rand van de polder is wel een sterke kwelstroming (in de stuwwal). Tegen de stuwwal tussen Zweiersdal en Hoge Oorsprong, bij en ten westen van het kerkje, komen diverse kwelplaatsen voor (zie figuur 10).

Het grondwater stroomt richting Rijn. De Rijn heeft een drainerende werking op het grondwater in de Rosandepolder, behalve in perioden van hoog water als het gebied onder water loopt en de Rijn zal infiltreren in de uiterwaard.

Aan de rand van de stuwwal staat een peilbuis: pb 40A-306, die mogelijk meer informatie kan geven.

## 2.5 Oppervlaktewatersysteem

In de directe omgeving van Oosterbeek stromen 5 kleine beken de Rosandepolder in. Het water van de 5 beken wordt via een intensief slotenstelsel over de uiterwaard verdeeld en deels afgevoerd naar de Rijn, en deels infiltrert het (35%) (Supèr, J. en C.M. Gommer, 1993). Het oppervlaktewater uit de polder kan op 3 plaatsen afgevoerd worden naar de Rijn (zie figuur 10, overgenomen uit Supèr, J. en C.M. Gommer, 1993).

De waterlopen in de Rosandepolder zijn zowel drainerend als infiltrerend (Athmer, 1994,(2)). "De lokale ijking van de Rosandepolder bestond uit een nuancering van de opgegeven sloot- c.q. beekpeilen. Uit de ijking blijkt dat de hier berekende grondwaterstanden zeer gevoelig zijn voor veranderingen van het opgegeven slootpeil".

## 2.6 Neerslag

In gebieden met weinig oppervlakkige afvoer infiltreert de neerslag naar het grondwater.

## 2.7 Grondwaterwinningen

Op de overgang tussen stuwwal en uiterwaard ligt het pompstation Oosterbeek (2 mln m<sup>3</sup> per jaar, 1993). Dit pompstation ligt direct in de buurt van het gebied. Het water wordt onttrokken op een diepte van ca 40 - 75m - NAP uit de formatie van Harderwijk. Hierdoor ontstaat een verlaging van de grondwaterstand in het gebied van ca 10 cm, maar de stromingsrichting wordt niet beïnvloed. (DHV, 1998 Inrichtingsplan Rosandepolder).

Op grotere afstand bevinden zich de NUON winning La Cabine en de papierfabriek Parenco die ook grondwater onttrekt. Uit de beschikbare literatuur is niet af te leiden of deze onttrekkingen nog van invloed zijn op de grondwatersituatie in de Rosandepolder.

## 2.8 Grondwaterkwaliteit

In het onderzoeksgebied is sprake van 3 grondwaterkwaliteitstypes. (Supèr, J. en C.M. Gommer, 1993)

**type A:** (ondiep) licht verontreinigd Veluwewater, dit kwelt op aan de randen van de stuwwal en ook in het beekwater; het watertype wordt gekenmerkt door F1CaNO<sub>3</sub> en g1CaMix.

**type C:** riviervlaktewater, een mengsel van lokaal regenwater met iets Rijnwater dat via overstromingen, kwel of inlaat buiten de oevers van de Rijn is geraakt. Dit watertype wordt gekenmerkt door g3CaHCO<sub>3</sub>+, g4CaHCO<sub>3</sub>+ en F3CaHCO<sub>3</sub>+

**type D:** Rijnsoeverfiltraat; dit is niet-vermengd Rijnwater met een Cl-niveau van ca 150 mg/l.

Naast de bovengenoemde types A, C en D wordt ook nog **watertype B** onderscheiden: (diep) schoon Veluwewater, dit komt echter pas naar boven aan de overkant van de Rijn en niet ter plaatse van de Rosandepolder.

In figuur 11 is aangegeven waar deze watertypes A, C en D in het gebied voorkomen. Figuur 11 is overgenomen uit Supèr, J. en C.M. Gommer (1993).

## 2.9 Vuilstort

In Supèr (1992) staan gegevens over de vuilstort in de Rosandepolder. De gegevens van belang voor het huidige onderzoek worden hier nog even vermeld.

De stortplaats ligt in een oude stroomgeul en is als een verhoging in het landschap te zien. De maaiveldhoogte van de stortplaats is 10 - 11m + NAP. Op deze stortplaats is voornamelijk puin en huishoudelijk afval gestort. Er is een vermoeden dat aan de oostkant ook illegaal vuil is gestort. Voor het verkennen van de verontreinigingssituatie is destijds een aantal boringen verricht. Het betreft 12 (ondiepe) boringen tot 3,5m - maaiveld en 4 diepere pulsboringen tot maximaal 15m - maaiveld, d.i. tot ca 5m - NAP.

De bodemopbouw is:

- deklaag van klei in dikte variërend van 0m (oosten) tot maximaal 0,8m in het westen
  - dan een laag afval en puin variërend van 0,7 tot 1,5m dik
  - dan een kleilaag van 0,25 tot 1,5m dikte
  - daaronder matig grof tot grof zand, soms met grind (1<sup>ste</sup> wvp)
- en waar geen stortresten zijn: 1,5 tot 2,2m klei of klei/zand



---

In de diepe boring DWNP3 (tot 15m - maaiveld) wordt onderin een kleilaag aangetroffen.

In figuur 12 is de plaats van de boringen aangegeven; figuur 13 toont de bodemprofielen. Beide figuren zijn overgenomen uit Supèr (1992).

De metingen van de grondwaterstijghoogte verricht in november en december 1991 vertonen geen verticale gradiënt.

De vuilstort blijkt voor een deel boven de freatische grondwaterstand te liggen. Door Supèr (1992) is onderzoek gedaan naar de verontreinigingssituatie nabij de vuilstort. De conclusies van dit onderzoek waren dat direct ten zuidwesten van de stort verontreiniging van het grondwater was opgetreden met ammonium en orthofosfaat. Een laterale stroming kan de verontreiniging in zuidwestelijke richting verder uitbreiden.

Ook in één van de diepere boringen is destijds verontreiniging aangetroffen.

## 2.10 Discussie over de grondwatersituatie

De gegevens uit de literatuur geven aanleiding tot een aantal vragen ten aanzien van het bestaande grondwaterpatroon in de Rosandepolder.

Er is een grondwaterstroming vanaf de stuwwal richting de Rijn. Door de aanwezigheid van de zandwinput zijn de isolijnen afgebogen en geven een sterkere gradiënt aan de oostkant van de polder.

Hoewel er kwel in de polder verwacht zou kunnen worden, zijn er alleen kwelplekken gevonden langs de stuwwal in de Ossenwaard. In de andere peilbuizen is geen verticale gradiënt aangetroffen die op kwel zou duiden. In peilbuis nr 6 (figuur 6) is wel een klein verschil in standen tussen de filters, maar hier heeft het bovenste filter de hoogste waarde en is dus eerder (plaatselijk?) sprake van inzijging.

Aan de zuidwestkant van de stort is (in Supèr (1992)) ook een afbuiging van de isolijnen te zien. In het rapport over de vuilstort is deze afbuiging ook getekend, maar de reden daarvoor is onduidelijk (buiten de vuilstort is niet gemeten).

In Supèr, J. en C.M. Gommer (1993) zijn er enkele gemeten grondwaterstanden die dit min of meer lijken te ondersteunen, maar een ander isohypsenpatroon is ook goed denkbaar en verdedigbaar. De isolijnen zijn getrokken met behulp van zeer weinig gegevens. De oorzaak van de afbuiging is vooralsnog onbekend. Voor de eerste analyse van de effecten van de voorgenomen inrichtingsmaatregelen (zie hoofdstuk 3 e.v.) is dit nu nog niet van belang, maar bij een verdere detailstudie zal hier aandacht aan moeten worden besteed. In deze literatuur is er sprake van diepe infiltratiesloten die vaak droog staan. In de polder is ook een sluisje dat in bepaalde perioden dicht wordt gezet zodat het water in de polder blijft en kan infiltreren. Bij een voortgezet detailonderzoek zal ook hier aandacht aan moeten worden gegeven.





### 3 Beschrijving van de voorgenomen inrichting van het gebied

De voorgenomen inrichting van het gebied wordt aangeduid met het combinatie-alternatief (DHV, 1999) aangevuld met een voorstel tot omputten. Onder omputten wordt daarbij verstaan dat er specie uit een gebied wordt verwijderd voor een bepaald gebruik (zandwinning, bijv.), waarna de ontstane put weer wordt opgevuld met ander materiaal, in dit geval met gebiedseigen niet-vermarktbaar grond van dezelfde milieuchemische kwaliteit. Het combinatie-alternatief bestaat uit een aantal ingrepen die hierna afzonderlijk worden vermeld. Ook een voorstel tot omputten is (als optie) opgenomen. Voor het doel van de ingrepen wordt verwezen naar DHV (1999). Een overzicht van het gebied wordt gegeven in figuur 14 (uit DHV (1999)).

#### 3.1 Aanleg van een laagdynamische strang

Tussen de put van Moorlag en de camping wordt een laagdynamische strang aangelegd. De strang staat in open verbinding met de Rijn en wel aan de benedenstroomse zijde van de strang. De strang loopt ter weerszijden van de camping, zodat de camping op een eiland komt te liggen. Voor de details wordt verwezen naar DHV (1999) en figuur 14.

De bodem van deze strang komt te liggen op 7m + NAP, behoudens het deel van de strang ten zuiden van de camping; dit deel ligt op 6m + NAP.

#### 3.2 Bergen van niet vermarktbaar grond in de put van Moorlag

In de put van Moorlag zal niet vermarktbaar grond uit de Rosandepolder worden geborgen. In de huidige situatie staat de put direct in verbinding met de Rijn. Bij de herinrichting zal ter plaatse van de huidige instroming een drempel worden gelegd met een hoogte van 9,5m + NAP. Er is dan geen directe verbinding meer met de Rijn. Alleen onder omstandigheden van hoogwater zal nog directe instroming vanuit de Rijn optreden. Onder gemiddelde omstandigheden is de put via de laagdynamische strang nog verbonden met de Rijn.

Mede uit het oogpunt van natuurontwikkeling zal de put niet geheel gevuld worden tot het maaiveld, maar blijft er altijd een hoeveelheid water in de put aanwezig.

#### 3.3 Aanleg van een beek- en kwelmoeras

Ten noorden van de vuilstort, in de voormalige strang en aansluitend op de beekzone boven de Mariëndaalse Ossenwaard wordt een kwelmoeras met een beek aangelegd. Plaatselijk wordt het maaiveld hier verlaagd tot 8,5m + NAP.

#### 3.4 Optie tot omputten

Er wordt aanvullend aan het combinatie-alternatief een voorstel tot omputten gedaan. De gegevens voor locatie en omvang zijn aangeleverd door DHV (2000 (2)):

Het omputten vindt plaats in het beekmoeras direct ten westen van de spoorbaan; Het beoogde moeras heeft een lengte van 240m en een breedte van ca 100m. Het huidige maaiveldniveau is 9 - 9,5m + NAP. Volgens het combinatie-alternatief wordt het maaiveld verlaagd tot 8,5m + NAP met in het midden een kleine beek.



---

Voor ontgraving t.b.v. zandwinning wordt een talud van 1:4 gehanteerd. De maximale diepte is 13m en de maximale breedte is dan  $2 \times 52 = 104\text{m}$ . Deze ontgraving wordt weer opgevuld met niet vermarktbaar gebiedseigen materiaal van dezelfde milieuchemische kwaliteit en een geschatte doorlatendheid van 1 mm/dag (DHV, 2000 (2)).

### 3.5 Versterken van de kwelzone langs de stuwwal

Tegen de stuwwal boven de Mariëndaalse Ossenwaard is sprake van een kwelplek. Directie Oost Nederland wil uit het oogpunt van natuurontwikkeling deze kwelzone versterken. Om dit te realiseren, wordt voorgesteld het maaiveld hier ca 0,25m te verlagen.

Het versterken van de kwelzone is dus meer een te bereiken doel dan een uit te voeren maatregel. De maatregel is het plaatselijk afgraven van het maaiveld.

### 3.6 Verlagen van het maaiveld

Op verschillende plaatsen in het gebied zal het maaiveld worden verlaagd. Dit is aangegeven in figuur 14 (uit DHV, 1999).

Het betreft een strook ter plaatse van de kwelzone boven de Mariëndaalse Ossenwaard (zie 3.5), het gebied van de voormalige strang (vuilstort uitgezonderd) en een gedeelte van de uiterwaard tussen de put van Moorlag en de camping tegen de oever van de Rijn.

## 4 Te verwachten geohydrologische en milieuchemische effecten

### 4.1 De effecten in het algemeen

De in de Rosandepolder voorgenomen ingrepen kunnen veranderingen teweeg brengen in de grondwatersituatie die te maken hebben met:

- de bovenste (freatische) grondwaterstand
- grondwaterstijghoogte in het watervoerend pakket dieper dan ca 3m - maaiveld
- horizontale grondwaterstromingsrichting
- verticale grondwaterstromingsrichting (kwel, inzijging)
- stroomsnelheid van het grondwater
- grondwaterkwaliteit uit het oogpunt van milieuchemie (aanwezigheid van microchemische verontreiniging)
- grondwaterkwaliteit uit het oogpunt van grondwatersamenstelling en afkomst van het grondwater (macrochemie, grondwatertypes)

Bepalend voor de veranderingen door de ingrepen is de aard van de ingreep en de overheersende factoren in het huidige grondwatersysteem.

De ingrepen hebben te maken met

1. weghalen van weerstandbiedende lagen
2. het aanbrengen van slechtdoorlatend materiaal (omputten, berging van niet vermarktbaar materiaal)
3. veranderen van de drainagebasis
4. veranderen van het oppervlaktewatersysteem, sloten, stuwen

De voorgestelde inrichtingsmaatregelen hebben ieder te maken met één of meer van deze items. Dit is in de volgende tabel weergegeven.

Tabel 4.1

Relatie tussen inrichtingsmaatregelen en factoren die de grondwatersituatie bepalen

	1	2	3	4
laagdynamische strang	x		x	x
bergen van niet vermarktbaar grond in de put		x	x	x
beek- en kwelmoeras	x		x	x
omputten		x		
kwelzone stuwwal Mar. Ossenwaard	x		x	
verlagen maaiveld algemeen	x			

#### 4.2 Te verwachten effecten op de grondwatersituatie in de omgeving van de ingreep als gevolg van de ingreep.

In deze paragraaf worden *per ingreep afzonderlijk* de effecten op de grondwatersituatie kwalitatief aangegeven. De grondwatersituatie met één gekozen inrichtingsmaatregel wordt vergeleken met de grondwatersituatie in de huidige toestand zonder deze inrichtingsmaatregel (referentie). Bij de combinatie van de maatregelen, de herinrichting van de polder, kan het gebeuren dat door het nemen van één enkele maatregel, de beoogde effecten van een andere ook voorgestelde inrichtingsmaatregel worden tegengegaan dan wel worden versterkt. Dit kan gunstig, dan wel nadelig zijn bij de herinrichting.

Als hier sprake is van elkaar compenserende, dan wel versterkende effecten, is te overwegen nader te bekijken of en hoe hier bij de inrichting optimaal gebruik van kan worden gemaakt.

##### 4.2.1 Effecten van de aanleg van de laagdynamische strang

Deze strang staat benedenstrooms in open verbinding met de Rijn. De bodem van de strang ligt op 7m + NAP, alleen de bodem van de geul ten zuiden van de camping ligt op 6m + NAP. Bovenstrooms is de geul verbonden met de put van Moorlag die geen verbinding meer heeft met de rivier (drempelhoogte 9,5m + NAP). Alleen in situaties van hoog water zal het Rijnwater via de put door de geul stromen.

De waterstand in de strang zal nagenoeg overeenkomen met de rivierstand ter plaatse van de benedenstroomse opening. De strang zal door de bodemhoogte van 6 - 7m + NAP vrijwel altijd watervoerend zijn. De waterstand in de Rijn is gemiddeld ca 8m + NAP bij Driel bovenstrooms van de stuw.

In de toekomstige situatie wordt de strang de ontwateringsbasis voor de polder, in plaats van de Rijn. Dit betekent dat de ontwateringsbasis van het gebied door de aanleg van de strang opgeschoven wordt de uiterwaard in, terwijl eveneens de basis iets wordt verlaagd (t.o.v. NAP) (basis = waterstand van de Rijn ter plaatse van de uitmonding van de strang benedenstrooms).

##### Geohydrologische effecten ten noorden van de strang

Een gevolg van de aanleg van deze strang is dat in het gebied ten noorden van de strang de grondwaterstand zal gaan dalen.

Deze daling zal over de gehele uiterwaard ten noorden van de strang optreden. Op basis van de waarnemingen van het KIWA en een eenvoudige rekensom (zie bijlage 1) bedraagt deze grondwaterstandsverlaging zeker een aantal dm (5 tot 7 dm is aannemelijk).

De **stroomrichting** van het grondwater in het onderliggende watervoerend pakket zal in het gebied ten noorden van de strang door de aanleg van de strang in het algemeen niet veranderen (blijft richting strang/Rijn).

De **stroomsnelheid** van het grondwater zal door de aanleg van de strang ook nauwelijks veranderen (zie bijlage 1). De toename bedraagt slechts enkele procenten en hierdoor zal er ook een kleine toename van het Veluwewateraandeel optreden. Hydrologisch gezien is deze toename verwaarloosbaar klein en de waterkwaliteit blijft gekenmerkt als rivierdalwater.

In het gebied ten noorden van de laagdynamische strang zijn een aantal elementen die afzonderlijk aandacht vragen bij de bovenvermelde grondwaterstandsverlaging:

- de situatie van de vuilstort
- de inrichtingsmaatregel: aanleg van beek- en kwelmoeras



De grondwaterstanden ter plaatse van de **vuilstort** zullen lager worden. In de huidige situatie ligt de vuilstort al voor een deel boven het grondwater (zie figuur 13). Door de verlaging zal een groter deel van de vuilstort boven het grondwater komen te liggen en deels ook voor langere tijd. Dit kan een gunstig effect hebben op de aanwezige verontreinigingen.

Langduriger boven de grondwaterstand betekent dat er minder transport door grondwater op kan treden en dat er gedurende langere tijd condities zijn waarbij lucht in de bodem aanwezig is. Dit laatste is van belang bij afbraakprocessen die van zuurstof afhankelijk zijn. Van de meest persistente stoffen waartoe de polycyclische aromaten (PAK) en de polychloorbifenylen (PCB's) behoren, zijn met name de PAK's onder zuurstofloze omstandigheden zeer moeilijk of niet afbreekbaar. Afbraak van benzeen en naftaleen is onder zuurstofloze omstandigheden, waarbij nog wel nitraat aanwezig is, wel aangetoond (Burland 1999, Weiner, 1998) en in mariene sedimenten is zelfs anaërobe afbraak van hogere PAK's aangetoond door sulfaatreductie (Coates, 1997). Afbraak van PAK's gaat echter beter met bacteriën die afhankelijk zijn van de aanwezigheid van zuurstof (Commandeur, 1994). Hoog-gechloreerde PCB's, chloorbenzenen en hexachloorcyclohexaan (HCH of lindaan) kunnen onder zuurstofloze omstandigheden dechloreren (Beurskens, 1995, Commandeur, 1994) waarna de lager-gechloreerde onder omstandigheden met zuurstof beter afbreken (Fartherpure, 1991).

Concluderend kan gesteld worden dat op grond van de literatuur op dit gebied de afbraak van PAK's gebaat is bij zuurstofhoudende omstandigheden. Voor de gechloreerde verbindingen is een situatie waarbij anaërobie en aërobie elkaar afwisselen gunstig voor de volledige mineralisering.

De verspreiding van stoffen in het grondwater *onder* de vuilstort wordt niet anders in richting en snelheid.

De stroomrichting *binnen* de vuilstort kan plaatselijk wel anders worden. De hoeveelheid water (neerslag) die op de vuilstort valt, zal door de maatregelen niet veranderen, maar het deel van deze neerslag dat nu vanuit de vuilstort afstroomt naar de omliggende sloten zal bij een lagere grondwaterstand afnemen. Er zal dan relatief meer water door de vuilstort naar beneden stromen. De totale hoeveelheid neerslag op de vuilstort verandert niet, maar de *weg die de neerslag aflegt door de vuilstort wordt anders en dus ook de weg van de eventueel uit de vuilstort meegevoerde stoffen.*

Om aan te kunnen geven of dit voor de situatie rond de vuilstort van veel betekenis is, zal meer inzicht nodig zijn in de lokale grondwatersituatie en de grootte van de te verwachten verlagingen ter plaatse. Hiervoor is een gedetailleerder onderzoek nodig dan het onderhavige.

Voor het aan te leggen **beek- en kwelmoeras** ten noorden van de vuilstort kan deze grondwaterstandverlaging belangrijke gevolgen hebben. De grondwaterstand zal in de situatie met de laagdynamische strang lager worden dan nu het geval is en vermoedelijk verwacht werd bij het maken van het inrichtingsplan. Mogelijk ligt de toekomstige grondwaterstand onder de ontwerphoogte van de bodem van het beekmoeras en dan is het de vraag of het beoogde kwelgebied hier gerealiseerd kan worden. Door het plaatsen van stuwen kan het oppervlaktewater langer in het gebied worden gehouden, maar bij een te lage grondwaterstand gaat dit water infiltreren en is er geen sprake van een kwelsituatie.

#### **Geohydrologische effecten ten zuiden van de laagdynamische strang**

In het gebied ten zuiden van de strang (tussen strang en rivier) wordt de grondwaterstand in de huidige situatie bepaald door de waterstand in de Rijn

---

(Rijn is ontwateringsbasis en drainerend) en de grondwaterstand is altijd iets hoger dan de waterstand van de Rijn aan de oever.

In de toekomstige situatie is de waterstand in de strang nagenoeg gelijk aan de waterstand in de Rijn t.p.v. de uitstroomopening van de strang benedenstrooms van het gebied. Deze waterstand in de strang is daarom altijd lager dan de waterstand van de Rijn aan de oever *langs* het gebied;

De grondwaterstand in het tussen strang en rivier liggende gebied wordt dan ook bepaald door de waterstand in de strang en niet meer alleen door die van de Rijn langs het gebied en de op het gebied vallende neerslag.

Als de opbolling van de grondwaterstand door de op dit gebied gevallen neerslag wordt verwaarloosd (grootteorde is ten hoogste enkele cm), dan zal de grondwaterstand in het tussenliggende gebied in de nieuwe situatie met strang altijd lager zijn dan de waterstand in de Rijn.

De grondwaterstand in het tussen de strang en de Rijn liggende gebied zal in de toekomstige situatie dus lager (t.o.v. NAP) zijn dan in de huidige situatie. Eén en ander is aangegeven in bijlage 2.

Door de toe te passen maaiveldsverlagingen in dit gebied hoeft dit nog niet te betekenen dat de grondwaterstand t.o.v. *maai*veld ook lager wordt. Op basis van de inschatting van de af te graven laagdikte en de verlaging van de grondwaterstand door de aanleg van de strang wordt geconcludeerd dat de grondwaterstand in de nieuwe situatie toch nog dicht onder het maaiveld komt te liggen dan in de huidige situatie het geval is en dat het gebied derhalve "natter" zal worden.

De grondwaterstromingsrichting zal in dit tussenliggende gebied anders worden. Het waterstandsverschil tussen de strang en de Rijn zal voornamelijk de stromingsrichting van het bovenste grondwater bepalen. De zuidwestelijke gradiënt die nu aanwezig is door het drainerende effect van de Rijn zal verdwijnen. De stroming van dit water zal altijd gericht zijn naar de strang en afhankelijk van het verval op de Rijn zal er meer of minder water naar toe stromen. Ook het infiltrerende grondwater (opbolling) zal hoofdzakelijk naar de strang afstromen.

De samenstelling van het grondwater zal hierdoor echter nauwelijks wijzigen.

Bovenstaande beschouwing geldt niet bij een situatie met hoge Rijnwaterstanden waarbij de uiterwaarden onder water komen te staan. In dat geval is er geen verandering ten opzichte van de huidige situatie.

#### **4.2.2 Effecten van bergen van niet vermarktbare grond in de put van Moorlag**

De put van Moorlag staat nu in open verbinding met de Rijn en heeft een diepte van ca 19 - 20m. De bodem ligt op 11,60m - NAP.

Uit de gegevens van het KIWA blijkt dat de grondwaterstand in de uiterwaard sterk beïnvloed wordt door de aanwezigheid van de put. De isohypsen zijn hier afgebogen en geven een sterkere gradiënt aan de oostkant van de polder (zie figuur 7).

In de toekomstige situatie krijgt de put een verbinding met de laagdynamische strang die een bodemhoogte heeft van 7m + NAP en benedenstrooms uitmondt in de Rijn. De bovenstroomse instroom van het Rijnwater in de put vervalt door de aanleg van een drempel met een hoogte van 9,5m + NAP vóór de huidige ingang van de put. Hierdoor zal bij een gemiddelde Rijnstand (waterstand onder de drempel van de put) geen bovenstroomse instroming meer plaatsvinden.

Voor het beschrijven van het effect van het bergen van niet vermarktbare grond op de grondwatersituatie wordt daarom onderscheid gemaakt tussen situaties met een Rijnwaterstand ter plaatse van de put hoger dan de



---

drempelhoogte (hoog water) en situaties met een Rijnwaterstand ter plaatse lager dan de drempel.

*Uitgangspunt bij deze analyse (tevens inrichtingseis) is dat de put niet geheel gevuld wordt met materiaal. Er staat altijd water in de put en er is in de oeverzone van de put direct contact met het grondwater in de omgeving.*

**De volgende situatie ontstaat bij rivierstanden lager dan de drempelhoogte:**

De strang heeft globaal de waterstand van de Rijn ter plaatse van de uitstroomopening van de strang benedenstrooms. De put staat in open verbinding met de strang. De put heeft dan een waterstand die lager zal zijn dan de waterstand op de Rijn ter plaatse van de drempel aan de bovenstroomse kant van de put. De waterstand in de put zal dus straks in de nieuwe situatie lager t.o.v. de rivierwaterstand zijn dan in de huidige situatie (zie ook geohydrologische effecten van de strang en bijlage 2).

**Gevolgen voor de grondwaterstand en grondwaterstroming:**

- grondwaterstroming rivier - put: In de **huidige** situatie is de waterstand in de put gelijk aan de waterstand van de rivier ter plaatse van de put (open verbinding). Na aanleg van de drempel is de waterstand in de put lager dan de waterstand van de rivier ter plaatse (hoeveel hangt af van het verval op de rivier). In de huidige situatie vindt er nauwelijks een grondwaterstroming plaats tussen de put en de rivier. In de toekomstige situatie zal (in droge perioden) ten gevolge van het verschil in waterstanden een grondwaterstroming van de rivier naar de put gaan plaatsvinden.

- grondwaterstroming haven - put: De waterstand in de bovenstrooms liggende haven wordt niet aangetast door de ingrepen en zal de waarde aannemen van de Rijnstand ter plaatse van de haveningang. Deze waterstand is hoger dan de Rijnstand ter plaatse van de drempel van de put en nog hoger dan de waterstand in de put in de nieuwe situatie.

In de huidige situatie waarbij de drempel nog niet aanwezig is, is er niet veel verschil in waterstand tussen de put en de haven en zal er vrijwel geen grondwaterstroming van de haven naar de put optreden. In de toekomstige situatie is het waterstandsverschil groter en zal er een grondwaterstroming haven - put optreden. De waterstandsverschillen zullen echter van beperkte grootte zijn (grootteorde cm) en de grondwaterstroming ook.

De grondwaterkwaliteit zal hierdoor niet veranderen (geïnfiltreerd rivierwater).

- grondwaterstroming van de polder naar de put: De grondwaterstand ten noorden van de put in de Rosandepolder zal door deze lagere waterstand in de put ook beïnvloed (verlaagd) worden (t.o.v. NAP). (De ontwateringsbasis voor de polder verandert hier niet van plaats zoals bij de aanleg van de strang het geval is, maar het niveau (de waterstand in de put) verandert.

De stromingsrichting van het grondwater in de polder verandert in het algemeen niet, behalve direct rondom de put na vulling met materiaal.

Het bovenste grondwater stroomt vanuit de polder naar de put en zal in de oeverzone boven het slib in de put naar buiten treden.

Het diepere grondwater zal de neiging hebben *langs* het gestorte materiaal omhoog naar de oever van de put te stromen, eerder dan *door* het gestorte materiaal naar de bodem van de put (meer weerstand) (zie bijlage 3). Het grondwater *onder* de put zal nagenoeg tot stilstand komen.

- gevolgen van berging van materiaal voor de grondwaterstroming: aangenomen kan worden dat het geborgen materiaal een kleinere doorlatendheid heeft dan de bodem in de omgeving van de put en dan zal de

diepere grondwaterstroming langs het materiaal stromen in plaats van er door heen. Er is dan geen verticale stroming ter plaatse aanwezig (niet naar beneden en niet naar boven) en het geborgen materiaal zal niet uitlogen als gevolg van stroming van grondwater door het materiaal.

Omdat het grondwater bij gemiddeld rivierpeil onder de boven geschetste omstandigheden van alle kanten (boven en beneden) naar de oevers van de put stroomt zal er weinig of geen transport van stoffen door stromend grondwater uit de put naar de omgeving optreden. Er is onder deze omstandigheden sprake van een hydrologisch geïsoleerde berging.

De enige manier waarop verontreinigende stoffen die in hogere concentraties in de put aanwezig zijn, dan in het grondwater terechtkomen, is door diffusie. Nu is diffusief transport over grotere afstanden (meters) zeer traag, zeker als de stoffen ook nog adsorberen aan de bodemdeeltjes. Bovendien zullen de concentraties daarbij sterk verdund worden waardoor er geen grootschalige ophoping en lokale verontreiniging kan ontstaan.

Voor een beschrijving van de aanwezige stoffen en de verspreiding naar het oppervlaktewater wordt verwezen naar een aparte deelrapportage (Steenwijk, 2000)

#### **Bij hoogwatersituaties (de rivierstanden hoger dan de drempel (9.5m + NAP)):**

Bij rivierstanden hoger of gelijk aan de drempel vindt er bovenstrooms instroming van water plaats en zal de waterstand in de put gelijk worden aan de rivierstand. In die situatie zal er weinig verschil zijn met de huidige situatie van hoog water, voor wat de grondwaterstanden en -stroming in de polder betreft. De rivier en de strang gaan tijdelijk infiltreren i.p.v. draineren. De grondwaterstroming naar de put stagneert tijdelijk.

Bij weer dalende rivierstanden gaan de put en de strang het overstromingswater voor een deel afvoeren. Een deel zal in de polder infiltreren.

#### **4.2.3 Effecten van aanleg van een beek- en kwelmoeras**

De aanleg van de beek- en moeraszone ten noorden van de vuilstort is beschreven in par. 3.3

In dit gebied vindt een ontgraving van de oevers tot ca 9m + NAP plaats. Het beekje heeft volgens plan langs de vuilstort een bodem van 8m + NAP en verderop een bodem van 7m + NAP. Bij een grondwaterstand van ca 9m + NAP (zie figuur 9) in de huidige (gemiddelde) situatie zou de bodem van de beek langs de vuilstort ruim onder het grondwater komen te liggen en de oevers ongeveer op de waterlijn.

In de toekomstige situatie met de aanleg van de laagdynamische strang, is de kans echter groot dat dit niet meer het geval zal zijn en dit gebied dus minder nat zal zijn dan nu verwacht wordt, zie ook par. 4.2.1. en de volgende tabel.

Tabel 2: Overzicht huidige en toekomstige grondwaterstand beekmoeras

huidige grondwaterstand gemiddelde situatie	ca 9m + NAP
verwacht effect laagdynamische strang	7 dm verlaging
toekomstige situatie grondwaterstand	ca 8,3m + NAP
beekbodem op 8m + NAP	maar 3 dm water
oevers op 9m + NAP	droog

De geohydrologische gevolgen van de aanleg van de beek en dit moeras voor de vuilstort lijken gezien de eerder beschreven effecten van de laagdynamische strang ondergeschikt.



---

In de volgende alinea wordt, voor de volledigheid, globaal aangegeven wat de geohydrologische effecten van de aanleg van het beekmoeras bij **afwezigheid** van de laagdynamische strang zouden zijn.

De bodem van de beek komt dan zoals in het voorgaande al is aangegeven onder het grondwaterniveau te liggen. Er is dan voor de beek sprake van een kwelsituatie. Afhankelijk van de afwatering van het geheel zal dit gevolgen kunnen hebben voor de vuilstort voor wat betreft de richting en de snelheid van verspreiding van verontreinigingen via het grondwater. Vooralsnog wordt er vanuit gegaan dat deze situatie (zonder strang) niet gerealiseerd zal worden en derhalve is dit niet nader uitgewerkt.

#### **4.2.4 Omputten en effecten van omputten**

Algemeen:

Het aanbrengen van een kleischerm om een grondwaterstandsverlaging teniet te doen of een kwelsituatie te genereren heeft alleen effect als dit scherm voldoende breed is en tot over nagenoeg de gehele watervoerende laag (diepte van het watervoerende pakket) wordt aangebracht. Bij een scherm met te kleine afmetingen (in breedte of diepte) zal het grondwater om het scherm heen of er onder door stromen en wordt het beoogde doel niet bereikt. Effect op de grondwaterstand: door het aanbrengen van een kleischerm (slecht doorlatend materiaal) wordt de weerstand tegen de stroming vergroot. De diepte tot waarop het scherm is aangebracht t.o.v. de dikte van het watervoerend pakket speelt een belangrijke rol voor het effect van het scherm. Als er een extra weerstand wordt aangebracht over de gehele diepte van het watervoerend pakket, dan zal dit bovenstrooms van het scherm de grondwaterstand verhogen en benedenstrooms van het scherm de grondwaterstand verlagen.

Een deel van het beekmoeras zal worden ontgraven tot 13m diep, het zand wordt verwijderd en het gat gevuld met niet vermarktbaar grond (klei). Hierbij wordt een goed doorlatende laag grond vervangen door veel minder goed doorlatend materiaal.

Het kleischerm wordt aangebracht in de ontgraving van 13m - maaiveld; bij een maaiveldhoogte van 9m + NAP loopt het scherm van 9m + tot 4m - NAP. Het watervoerend pakket reikt tot minimaal ca 15m of mogelijk 25m - NAP (dit is uit de beschikbare gegevens niet goed af te leiden) en het scherm sluit dus maar voor een deel dit pakket af.

Maar: onbekend is hoe dik dit pakket ter plekke is en hoe goed (dwz. slechtdoorlatend) de daar onderliggende scheidende laag is. Om hier meer duidelijkheid over te krijgen zullen boringen of sonderingen uitgevoerd moeten worden.

Voor het schatten van het effect van een dergelijk kleischerm is een (gedetailleerde) modelberekening noodzakelijk.

Effecten tijdens de aanleg: De ontgraving zal door het toestromen van het grondwater vol water komen te staan. Bij niet afvoeren van dit water zal dit weinig effect hebben op de grondwatersituatie in de omgeving.

#### **4.2.5 Versterken van de kwelzone langs de stuwwal**

Tegen de stuwwal boven de Mariëndaalse Ossenwaard is sprake van een kwelplek. Door het afgraven van het maaiveld wil men hier de kwelzone versterken. De vraag is of het afgraven van het maaiveld hier inderdaad het gewenste effect (toename van de kwel) zal hebben.

Het huidige maaiveld in deze zone ligt op 9 - 10m + NAP.

Er is ter plaatse onder de bovengrond (minimaal 0,25m) een kleilaag aanwezig van 1 - 2m dik. Het bestaande beekdal wordt gemiddeld ca 0,25m afgegraven.

---

De kleilaag blijft onaangetast. Het zand begint pas onder het niveau van 8m + NAP.

De grondwaterstand is hier 0 - 0,5m - maaiveld (Supèr, 1993) in peilbuis nr 10. Plaatselijk komt het grondwater na de ontgraving dan waarschijnlijk boven maaiveld. Er zullen meer kwelplekken ontstaan. De situatie zal inderdaad vernatten. De grondwaterkwaliteit (samenstelling) blijft hetzelfde.

#### **4.2.6 Effecten van het verlagen van het maaiveld**

Zolang de verlaging van het maaiveld niet onder de grondwaterstand komt heeft dit in het algemeen geen effect op de grondwaterstand (t.o.v. NAP). De grondwaterstand komt wel dicht onder het maaiveld te liggen, waardoor er een nattere situatie zal ontstaan.

Hierdoor is er kans op een grotere verdamping in droge perioden, omdat de planten beter bij het grondwater kunnen. In natte perioden zal er meer oppervlakkige afstroming optreden. In totaal is er dus minder grondwateraanvulling dan in de huidige situatie. Dit wordt overigens van ondergeschikt belang geacht.

Indien de afgraving tot onder het niveau van de grondwaterstand gaat, heeft verlagen van het maaiveld duidelijk effect op de grondwatersituatie (t.o.v. NAP) en de stroming. In dat geval kan er een drainerende werking optreden als het grondwater afgevoerd gaat worden en de afwatering wordt gewijzigd.



## 5 Conclusies en aanbevelingen

In het voorgaande zijn de effecten van de voorgestelde inrichting van de Rosandepolder beschreven (effect per onderdeel). De effecten zijn in dit stadium alleen globaal aan te geven.

Uit deze beschrijving blijkt het volgende:

- De aanleg van de laagdynamische strang zal verlaging van de grondwaterstand in een groot deel van de polder tot gevolg hebben (ca 7 dm).
- De aanleg van de laagdynamische strang lijkt door deze grondwaterstandsverlaging niet direct te leiden tot een vergroting van de verspreiding van de verontreinigingen vanuit de vuilstort naar het grondwater. Meer zuurstof in de bodem kan zelfs leiden tot een snellere afbraak van verontreinigende stoffen en in die zin kan een verlaging van de grondwaterstand gunstig zijn voor de vuilstort.
- Uit de eerste inschatting van de effecten van de laagdynamische strang blijkt dat de moerasachtige gebieden mogelijk niet gerealiseerd kunnen worden ten gevolge van een aanzienlijke daling van de grondwaterstand in het gebied.
- De aanleg van de laagdynamische strang zal naar verwachting geen gevolgen hebben voor de samenstelling van het grondwater in de Rosandepolder.
- De aanleg van een kleischerm kan een grondwaterstandsverlaging alleen geheel of gedeeltelijk compenseren als de grootte van het scherm tot voldoende obstructie tegen de grondwaterstroming leidt. Het nu voorgestelde kleischerm onder het beekmoeras zal niet groot genoeg zijn, wat betreft lengte en diepte, om het beoogde effect te verkrijgen. Ook moet de lokale bodemopbouw meer in detail bekend zijn om het effect goed te kunnen berekenen.
- De niet vermarktbaar grond kan geborgen worden in de put van Moorlag zonder dat er sprake is van een risico van verspreiding van verontreinigingen vanuit de berging en vanuit de put **naar het grondwater**. De geohydrologische situatie is bij de voorgenomen inrichtingsmaatregelen zodanig dat er gesproken kan worden van een hydrologisch geïsoleerde berging. Aangenomen wordt dat de doorlatendheid van het geborgen materiaal (vele malen) kleiner is dan die van het omliggende watervoerende pakket en dat de put niet tot het omliggende maaiveld gevuld wordt, maar voorzien is van een oeverzone (kwelzone) en een permanente waterlaag.

Bovenstaande conclusies maken het noodzakelijk om de huidige grondwatersituatie beter in beeld te krijgen (grondwaterstanden, juiste isohypsenbeeld) om meer specifiek onderbouwd de nieuwe situatie en de effecten van de combinatie van maatregelen aan te kunnen geven.

Voor een meer kwantitatieve beschrijving van de effecten van de maatregelen (in cm i.p.v. dm verlaging) is meer informatie over de bodemopbouw (aanwezigheid en diepte van scheidende lagen) nodig.

Het is vanwege de complexiteit van het gebied en de combinatie van de verschillende inrichtingsmaatregelen, aan te bevelen een geohydrologisch model te maken van het gebied. Vooral voor het berekenen van het effect van een kleischerm (lengte/diepte) en voor de locaties waar kwel zal optreden na de herinrichting (en hoeveel) is een model aan te bevelen. Met een dergelijk model kunnen ook eenvoudig verschillende maatregelen of combinaties worden doorgerekend en vergeleken.





---

## 6 Te hanteren criteria voor effecten op verspreiding van verontreinigingen en veranderingen in de grondwatersituatie

Door de inrichtingsmaatregelen kunnen veranderingen optreden in de huidige grondwatersituatie. Deze veranderingen kunnen betrekking hebben op:

- de hoogte van de grondwaterstand, dan wel de stijghoogte in het gebied
- de grondwaterstromingsrichting
- de snelheid waarmee het grondwater stroomt door de bodem
- de sterkte van de kwelstroming

Om te kunnen aangeven of veranderingen significant zijn worden criteria opgesteld waaraan de te verwachten veranderingen getoetst kunnen worden. Bij het opstellen van deze criteria is enerzijds gekeken naar in de praktijk gehanteerde criteria en anderzijds naar de nauwkeurigheid waarmee de parameters bepaald kunnen worden.

Voor de grondwaterstand of de stijghoogte: een verandering van 5 cm of meer wordt significant geacht. Deze maat wordt ook gehanteerd bij grondwaterstandsveranderingen door grondwateronttrekkingen en bij droogteschadeberekeningen.

Voor de grondwaterstromingsrichting wordt een richtingsverandering van 30 graden of meer significant geacht.

Voor de grondwaterstroomsnelheid van belang voor het transport van stoffen wordt een factor 2 gehanteerd. Deze factor is mede gebaseerd op de nauwkeurigheid van de retardatiebepaling.

Voor de sterkte van de kwelstromen wordt een toename van enkele tientallen % als significant aangemerkt. De kwelstroom wordt gewoonlijk uitgedrukt in (tienden van) mm/d.



# Literatuur

Athmer, W.H.G.J. en J. Supèr, 1994 (1) Waterwinning en natuurontwikkeling op de zuidelijke Veluwezoom. Rapport 3a: Gebiedsbeschrijving ten behoeve van geohydrologische modellering. SWO 94.248, KIWA Nieuwegein 1994.

Athmer, W.H.G.J. en J. Supèr, 1994 (2) Waterwinning en natuurontwikkeling op de zuidelijke Veluwezoom. Rapport 3b: Geohydrologische modellering. SWO 94.249, KIWA Nieuwegein 1994.

Beurskens, K., 1995; Microbial transformation of chlorinated aromatics in sediments. (dissertatie) 13 juli 1995 LUW.

Burland, S.M., Edwards E.A., 1999. Anaerobic benzene biodegradation linked to nitrate reduction. *Appl. and Environ. Microbiol.* Feb, 1999 vol. 65, No 2, p 529 - 533.

Coates J.D., J. Woodward J. Allen, P. Philp, D. R. Loveley, 1997. Anaerobe degradation of polycyclic aromatic hydrocarbons and alkanes in Petroleum-contaminated marine harbour sediments.; *Appl. and Environ. Microbiol.* Sept, 1997 vol. 63, No 9, p 3589 - 3593.

Commandeur, L.C.M., R.A. Prins, 1994. Voorwaarden voor afbraak van (gehalogeneerde) koolwaterstoffen in de bodem. RU Groningen in opdracht van de TCB: TCB R03 (juli 1994).

DHV, 2000 (1) Rapportage milieuhygiënisch en fysisch bodemonderzoek fase B Inrichting Rosandepolder, concept maart 2000, Uitgebracht i.o.v. Rijkswaterstaat Directie Oost Nederland

DHV, 2000 (2) Memo omlippen

DHV, 1999 Ontwerprapport Inrichting Rosandepolder. Conceptrapportage Ontwerpfase, mei 1999. Uitgebracht i.o.v. Rijkswaterstaat Directie Oost Nederland

DHV, 1998 Inrichtingsplan Rosandepolder ON-743. Vooronderzoek fysisch en milieuhygiënisch bodemonderzoek, december 1998. Uitgebracht i.o.v. Rijkswaterstaat Directie Oost Nederland

Fatherpure B.Z., T.M. Vogel, 1991. Complete degradation of polychlorinated hydrocarbons by a two-stage biofilm reactor. *Appl. and Environ. Microbiol.* Dec, 1991 vol. 57, No 12, p 3418 - 3422.

Garritsen, A.C., 1996 Natuurontwikkeling in de Doorwerthse Waard en de Rosandepolder. Deelstudie: Hydrologische aspecten, juli 1996. Stroming B.V., i.o.v. WNF en Boral Doorwerth Straatsteen i.s.m. Stuurgroep Noordoever Nederrijn.

Steenwijk, J.van, 2000. Beoordelen van het storten van grond in de put van Moorlag, RIZA werkdokument.

Supèr, J. en C.M. Gommer, 1993 Waterwinning en natuurontwikkeling op de zuidelijke Veluwezoom. Rapport 2: Grond- en oppervlaktewater in de

---

Rosandepolder en Doorwerthsche Waarden. SWO 93.297, KIWA Nieuwegein 1993.

Supèr, J. en M.P.Laeven, 1992 Oriënterend onderzoek naar de verontreinigingssituatie nabij de voormalige vuilstort in de Rosandepolder te Oosterbeek. SWO 91.371, KIWA Nieuwegein 1992.

Weiner, J.M., Loveley, D.R., 1998. Anaerobic benzene degradation in Petroleum-contaminated aquifer sediments after inoculation with a benzene-oxidizing enrichment. *Appl. and Environ. Microbiol.* Feb, 1998 vol. 64, No 2, p 775 - 778







## Bijlage 1

Schatting grondwaterstandsverandering (stijghoogte)

### Aannames:

stijghoogte bovenop de stuwwal t.p.v. Oosterbeek 20m + NAP  $h_1$   
stijghoogte aan de voet van de stuwwal 10m + NAP  $h$   
stijghoogte aan de oever van de Rijn 8m + NAP  $h_2$   
de door het grondwater doorstroomde oppervlakte A aan de voet van de stuwwal verandert niet

De stijghoogte bovenop de stuwwal zal door de aanleg van de strang niet veranderen (zeer lokale ingreep), ook de waterstand in de Rijn niet.

De strang zal de Rijnwaterstand gaan aannemen (zie hoofdstuk). De verandering in het systeem bestaat dan uit het veranderen van de afstand waarover het stijghoogteverschil bestaat.

### Berekeningsmethode (voor tekening zie bijlage 2)

#### Referentiesituatie

Stel de hoeveelheid water die door de bodem door de stuwwal naar de polder stroomt, is  $Q_1$ , en dezelfde hoeveelheid water stroomt dan onder de uiterwaard door richting Rijn:  $Q_2$

$$Q_1 = Q_2$$

De afgelegde weg van boven op de stuwwal tot de polder :  $L_1$   
De doorlatendheid van deze bodem is :  $k_1$

$$c_1 = L_1 / k_1$$

Er geldt dan voor de hoeveelheid water  $Q_1$  als A het doorstroomde oppervlak is en h de stijghoogte op de rand van de stuwwal:

$$Q_1 = "k.i.F" = k_1 \cdot ((h_1 - h) / L_1) \cdot A = A \cdot (h_1 - h) / c_1$$

De afgelegde weg van rand polder naar Rijn :  $L_2 = 1000\text{m}$  (lengte uiterwaard)

De doorlatendheid van deze bodem is (aannamen) :  $k_2 = 10\text{ m/d}$

$$c_2 = L_2 / k_2 = 100\text{ d}$$

Er geldt dan voor de hoeveelheid water  $Q_2$  als A het doorstroomde oppervlak is en h de stijghoogte op de rand van de stuwwal:

$$Q_2 = k_2 \cdot ((h - h_2) / L_2) \cdot A = A \cdot (h - h_2) / c_2$$

en:

$$Q_1 = Q_2$$

of: voor de stuwwal geldt  $(20-10)A / c_1 = 10 A / c_1$   
voor de uiterwaard geldt  $(10-8) A / c_2 = 2 A / 100 = A / 50$

dus  $c_1 = 500\text{ d}$



#### Voor de nieuwe situatie:

In de nieuwe situatie wanneer de laagdynamische strang halverwege de uiterwaard wordt gelegd, wordt  $L_2 = 600\text{m}$ , dus  $c_2$  wordt 60 d. De waarde van  $h$  op de grens van stuwwal en uiterwaard is nu onbekend.

De hoeveelheid water die onder door de stuwwal en de uiterwaard stroomt, is ook:

$$Q = A \cdot (h_1 - h_2) / (c_1 + c_2) = A \cdot (20 - 8) / 560$$

De hoeveelheid onder de uiterwaard door wordt:

$$Q_2 = A \cdot (h - h_2) / c_2 = A \cdot (h - h_2) / 60,$$

deze is gelijk aan  $Q$ :

$$= (20 - 8) / 560 \cdot A$$

dus

$$(h - h_2) / 60 = 12 / 560 \text{ en}$$

$$h - h_2 = 60 \cdot 12 / 560 = 1,29\text{m}$$

$$\text{met } h_2 = 8\text{m wordt } h = 9,29\text{m} + \text{NAP}$$

De grondwaterstand onder aan de stuwwal is dus  $9,29\text{m} + \text{NAP}$ .

De verlaging van de grondwaterstand ter plaatse van de stuwwal wordt op deze wijze geschat op ca 7 dm.

Omdat de doorlatendheid van de bodem een schatting is, wordt de berekening nog eens uitgevoerd met een andere doorlatendheid.

Stel de doorlatendheid  $k_2$  van de bodem van de uiterwaard is i.p.v. 10 m/d, nu bijvoorbeeld = 60 m/d.

#### Aannames:

stijghoogte bovenop de stuwwal t.p.v. Oosterbeek	20m + NAP
stijghoogte aan de voet van de stuwwal	10m + NAP
stijghoogte aan de oever van de Rijn	8m + NAP

de door het grondwater doorstroomde oppervlakte  $A$  aan de voet van de stuwwal verandert niet.

#### Berekeningsmethode (voor tekening zie bijlage 2)

##### Referentiesituatie

Stel de hoeveelheid water die door de bodem door de stuwwal naar de polder stroomt, is  $Q_1$ , en dezelfde hoeveelheid water stroomt dan onder de uiterwaard door richting Rijn:  $Q_2$

$$Q_1 = Q_2$$

De afgelegde weg van boven op de stuwwal tot de polder	:	$L_1$
De doorlatendheid van deze bodem is	:	$k_1$

$$c_1 = L_1 / k_1$$

Er geldt dan voor de hoeveelheid water  $Q_1$  als  $A$  het doorstroomde oppervlak is en  $h$  de stijghoogte op de rand van de stuwwal:

$$Q_1 = "k.i.F" = k_1 \cdot ((h_1 - h) / L_1) \cdot A = A \cdot (h_1 - h) / c_1$$

De afgelegde weg van rand polder naar Rijn :  $L_2 = 1000\text{m}$  (lengte uiterwaard)

De doorlatendheid van deze bodem is (aanneمة) :  $k_2 = 60\text{ m/d}$   
 $c_2 = L_2/k_2 = 17\text{d}$

Er geldt dan voor de hoeveelheid water  $Q_2$  als  $A$  het doorstroomde oppervlak is en  $h$  de stijghoogte op de rand van de stuwwal:

$$Q_2 = k_2 \cdot ((h - h_2)/L_2) \cdot A = A \cdot (h - h_2)/c_2$$

en

$$Q_1 = Q_2$$

of: voor de stuwwal geldt  $(20-10)A/c_1 = 10 A/c_1$   
voor de uiterwaard geldt  $(10-8) A/c_2 = 2 A/17$

dus  $c_1 = 170A/2A = 85\text{ dagen}$

#### Voor de nieuwe situatie:

In de nieuwe situatie wanneer de laagdynamische strang halverwege de uiterwaard wordt gelegd, wordt  $L_2 = 600\text{m}$ , dus  $c_2$  wordt  $600/60 = 10\text{ d}$ . De waarde van  $h$  is nu onbekend.

De hoeveelheid water die onder door de stuwwal en de uiterwaard stroomt, is ook:

$$Q = A \cdot (h_1 - h_2)/(c_1 + c_2) = A \cdot (20 - 8)/(85 + 10)$$

De hoeveelheid onder de uiterwaard door wordt:

$$Q_2 = A \cdot (h - h_2)/c_2 = A \cdot (h - h_2)/10,$$

deze is gelijk aan  $Q$ :  $(20 - 8)/95 \cdot A$

dus  $(h - h_2)/10 = 12/95$  en  
 $h - h_2 = 10 \cdot 12/95 = 1,26\text{ m}$

$$\text{met } h_2 = 8\text{m wordt } h = 9,26\text{m} + \text{NAP}$$

De grondwaterstand onder aan de stuwwal is dus  $9,26\text{m} + \text{NAP}$ .

De verlaging van de grondwaterstand ter plaatse van de stuwwal wordt op deze wijze geschat op eveneens ca  $7\text{ dm}$ .

Uit deze berekening blijkt dat de schatting van de verlaging niet erg gevoelig is voor onnauwkeurigheden in de schatting van de doorlatendheid.

---

### Gevoeligheid van de berekening voor de afstand van de strang tot de stuwwal.

Stel de strang ligt niet op 600m, maar op 800m, dan is de berekening als volgt:

De afgelegde weg van rand polder naar Rijn :  $L_2 = 1000\text{m}$   
(lengte uiterwaard)

De doorlatendheid van deze bodem is (aanname) :  $k_2 = 10\text{m/d}$

$$c_2 = L_2/k_2 = 100\text{ d}$$

Bij deze omstandigheid is  $c_1 = 500\text{ d}$

In de nieuwe situatie is  $L_2 = 800\text{m}$ , i.p.v.  $600\text{m}$ , dus  $c_2$  wordt  $80\text{ d}$

De hoeveelheid water die onder door de stuwwal en de uiterwaard stroomt wordt

$$A \cdot (h_1 - h_2) / (c_1 + c_2) = A \cdot (20 - 8) / 580$$

De hoeveelheid onder de uiterwaard door wordt:

$$(h_2 - h) / c_2 \cdot A = (8 - h) / 80 \cdot A,$$

deze is gelijk aan:  $(20 - 8) / 580 \cdot A$

dus

$$12/580 = (h_2 - h) / 80 \text{ en}$$

$$h_2 - h = 80 \cdot 12 / 580 = 1,66\text{m}$$

$$\text{met } h_2 = 8\text{m wordt } h = 9,66\text{m} + \text{NAP}$$

De verlaging van de grondwaterstand ter plaatse van de stuwwal wordt op deze wijze geschat op ca  $3\text{ dm}$ .

De verlaging wordt dus in sterke mate bepaald door de plaats van de strang en in mindere mate door de keuze van de doorlatendheid.

### Stroomsnelheid:

Door het veranderen van de stijghoogte verandert ook de stroomsnelheid  $v$ .

Deze verandering wordt als volgt geschat bij  $k_2 = 10\text{ m/d}$  en  $L_2 = 600\text{m}$ :

$$Q = v \cdot A, \text{ dus } v = Q/A$$

$$v_{\text{nieuw}}/v_{\text{oud}} = (\Delta h/c)_{\text{nieuw}}/(\Delta h/c)_{\text{oud}} = (12/560)/(12/600) = 600/560 = 1,07, \text{ dus de stroomsnelheid neemt met } 7\% \text{ toe}$$

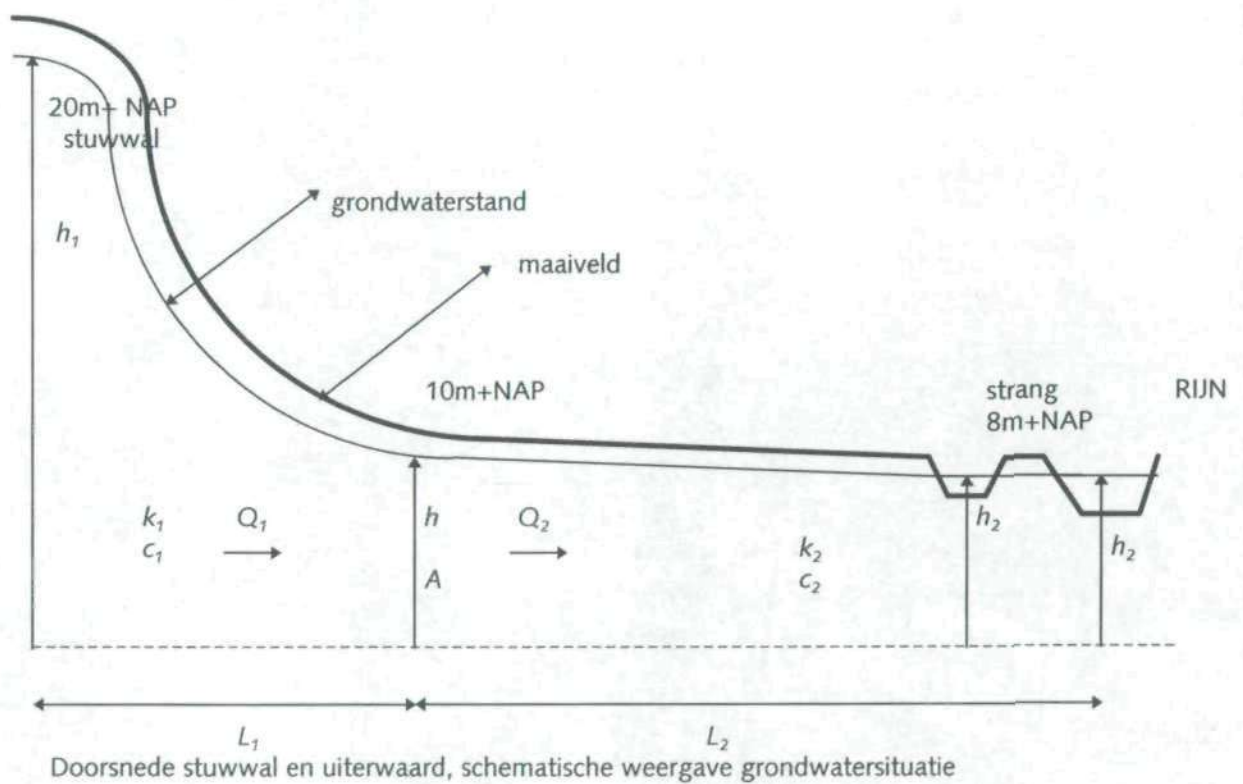
Bij  $k_2 = 60\text{ m/d}$  en  $L_2 = 600\text{m}$  is dit :

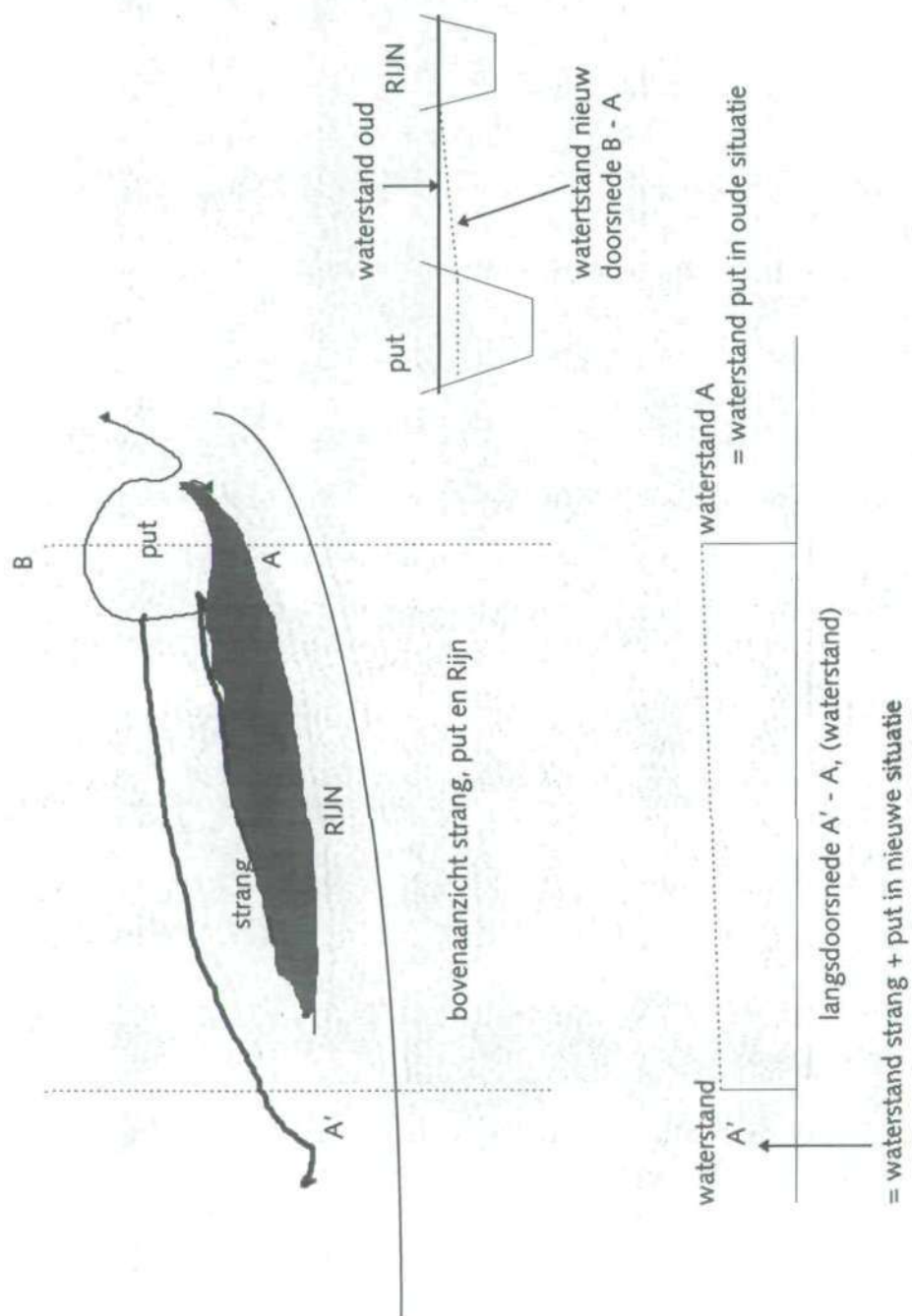
$$v_{\text{nieuw}}/v_{\text{oud}} = (\Delta h/c)_{\text{nieuw}}/(\Delta h/c)_{\text{oud}} = (12/95)/(12/102) = 102/95 = 1,07, \text{ dus de stroomsnelheid neemt met } 7\% \text{ toe}$$

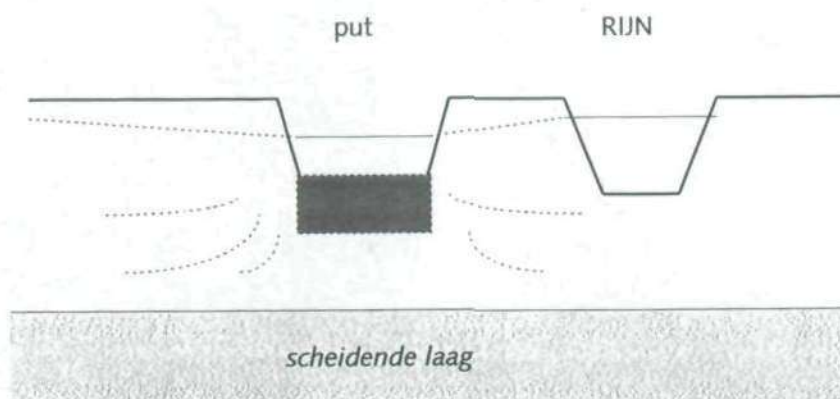
Bij  $k_2 = 10\text{ m/d}$  en  $L_2 = 800\text{m}$  is dit :

$$v_{\text{nieuw}}/v_{\text{oud}} = (\Delta h/c)_{\text{nieuw}}/(\Delta h/c)_{\text{oud}} = (12/580)/(12/600) = 600/580 = 1,03, \text{ dus de stroomsnelheid neemt met } 3\% \text{ toe.}$$









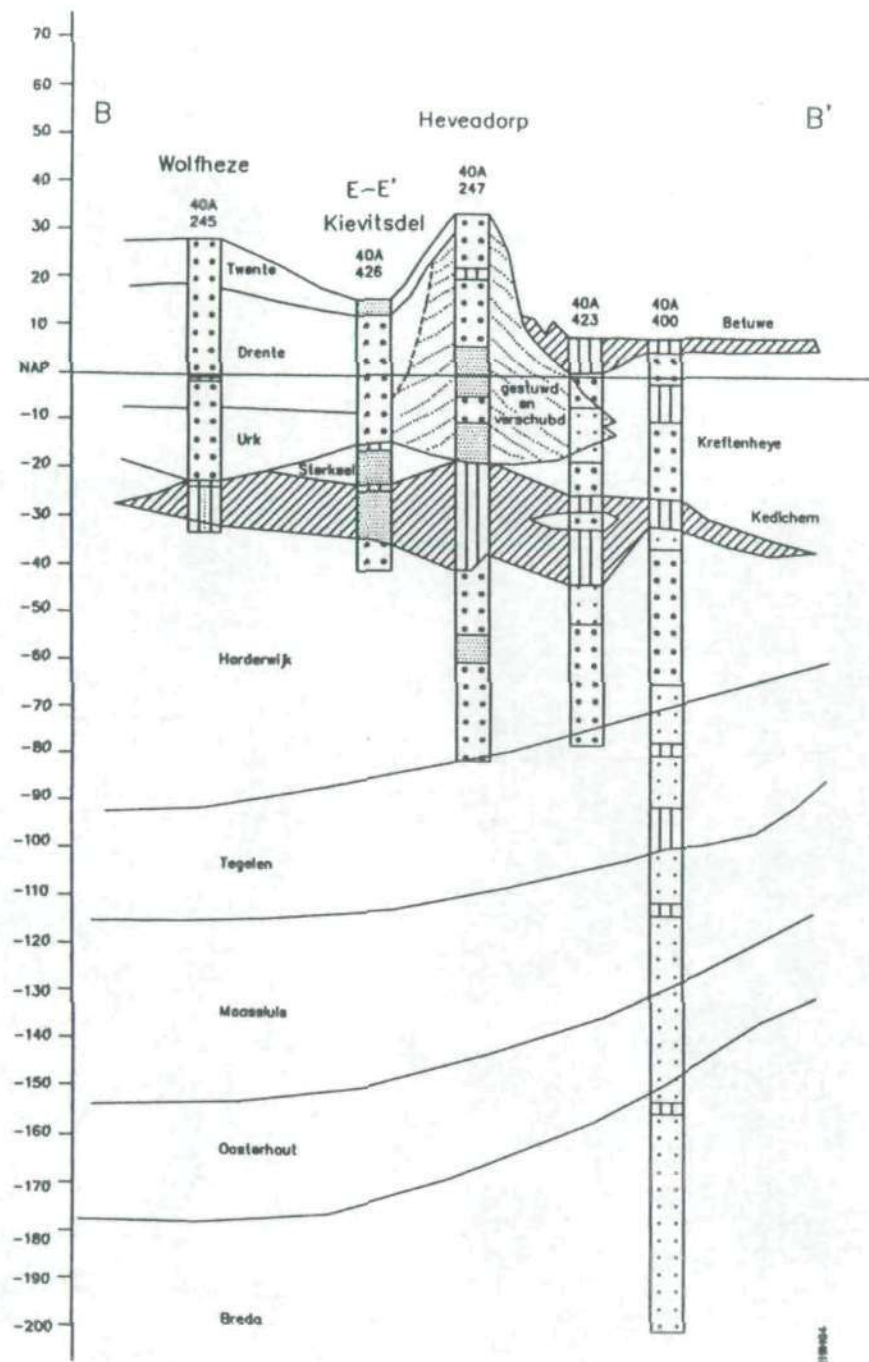
grondwaterstroming Rosandepolder en put van Moorlag (schematisch)





---

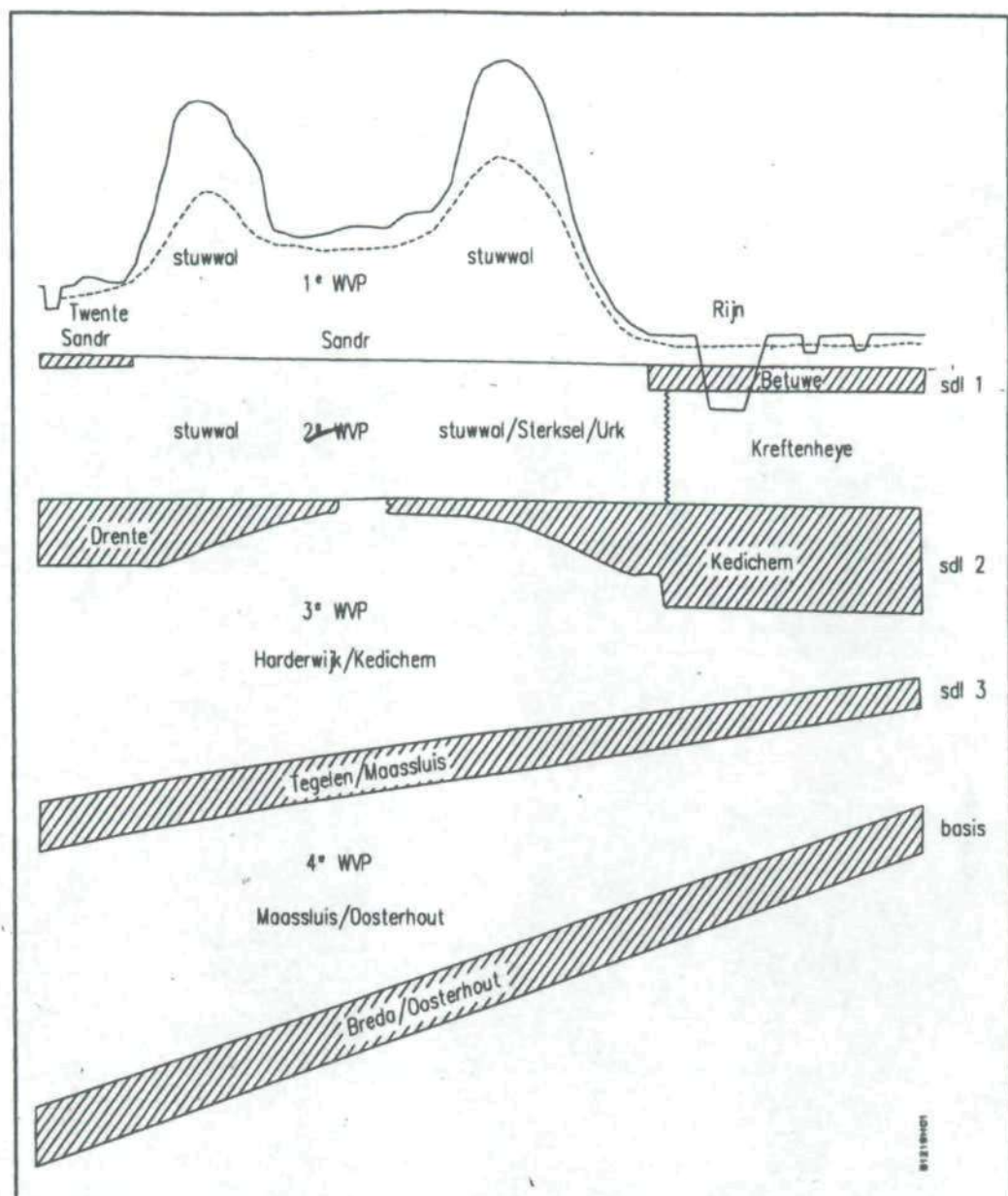
## Figuren



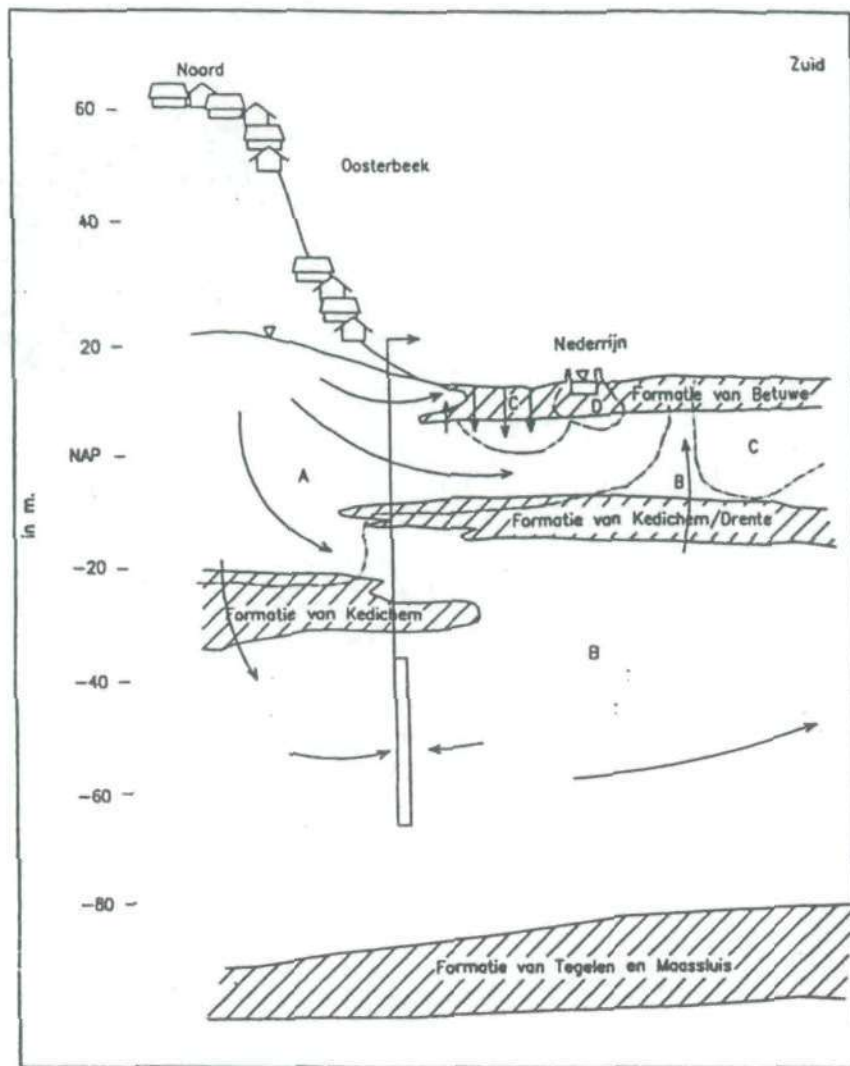
Figuur 1  
 Profiel B - B'  
 Overgenomen uit Athmer, W.H.G.J. en J. Supèr (1994,(1))







Figuur 3  
Schematisatie van de geohydrologische opbouw  
Overgenomen uit Athmer, W.H.G.J. en J. Supèr (1994,(2))



Figuur 4

Schematisatie noord-zuid doorsnede met een weergave van de slechtdoorlatende lagen en het voorkomen van Jong Veluwewater (A), Oud Veluwewater (B), Rivierdalwater (C) en Rijnsoeverfiltraat (D).

Overgenomen uit Garritsen (1996)





# LEGENDA:

- 16 waarnemingsput
- D peilschaal

Figuur 5  
Locaties van waarnemings-  
putten en peilschalen  
Overgenomen uit Supèr, J.  
en C.M. Gommer (1993)



Project:  
Rosandepolder en  
Doorwerthsche waarden  
Locaties van de waarnemings-  
putten en peilschalen

Getekend:	H. Solon
Datum:	dec. 1993
Projectnr.	981.089.113
Tekeningnr	81217H02

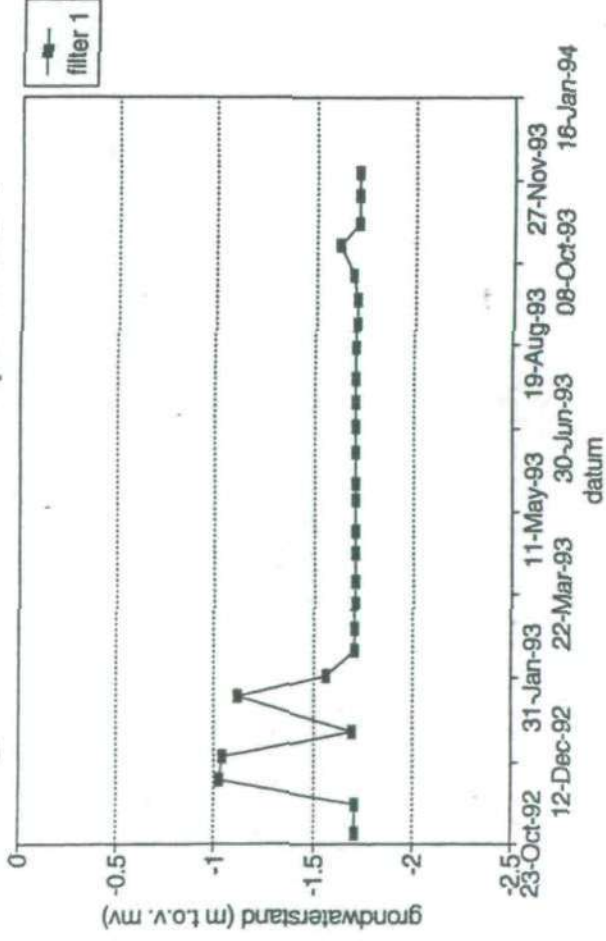
**kiwa**

Onderzoek & Advies  
Afdeling: Winning en Bodem  
Postbus 1072  
3430 BB Nieuwegein

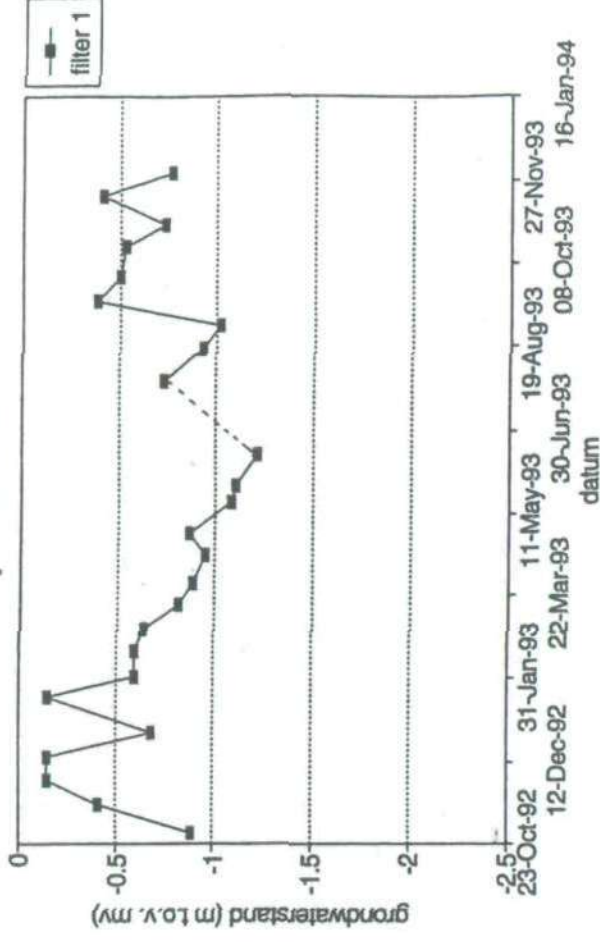
Schaal 1:25000



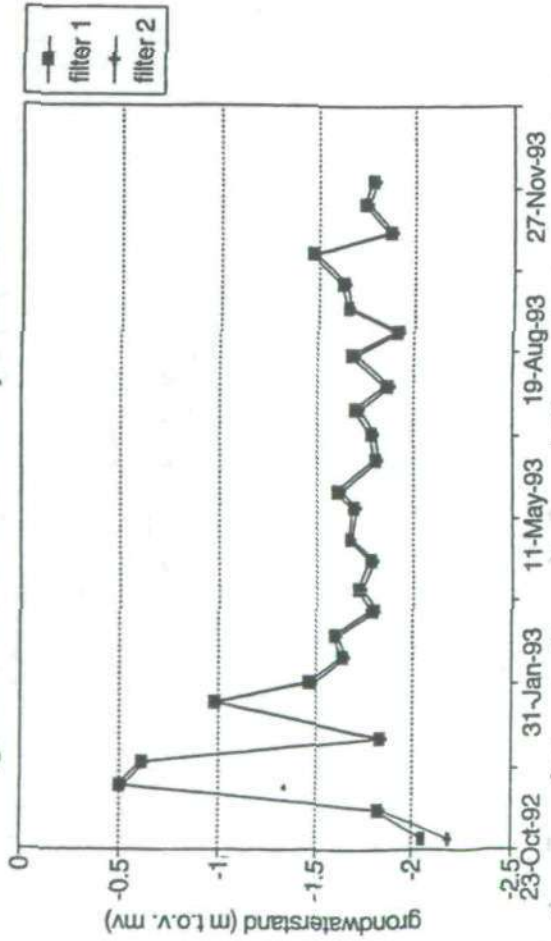
grondwaterstand peilbuis 1



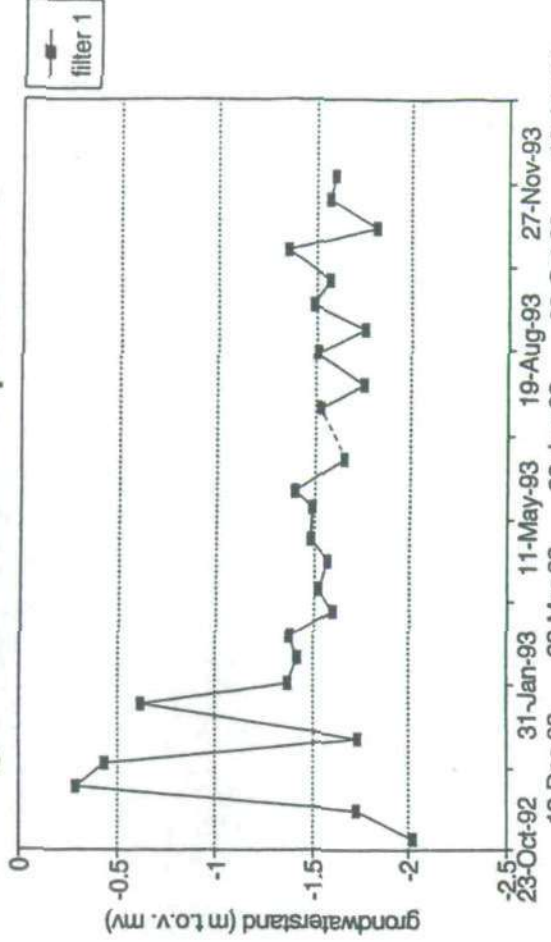
peilbuis 4



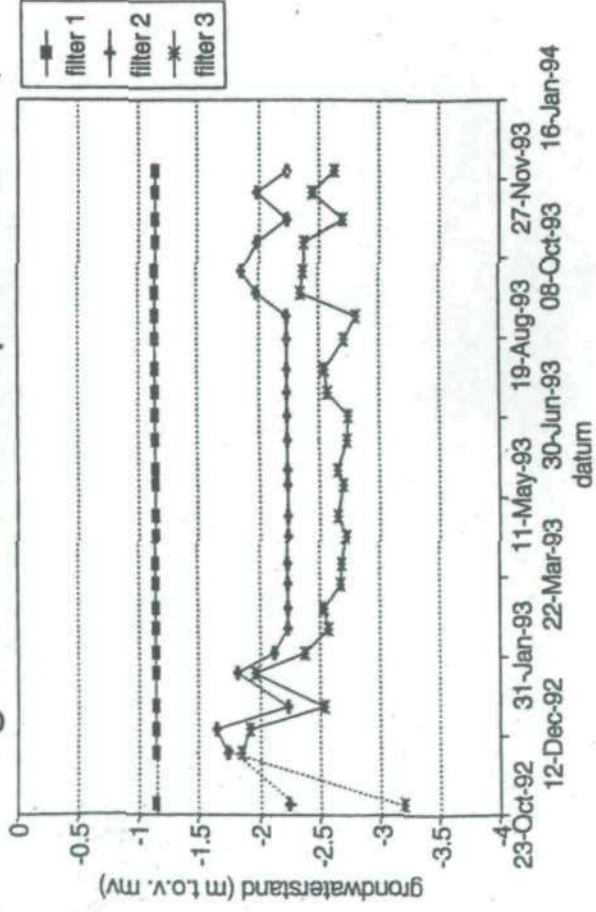
grondwaterstand peilbuis 2



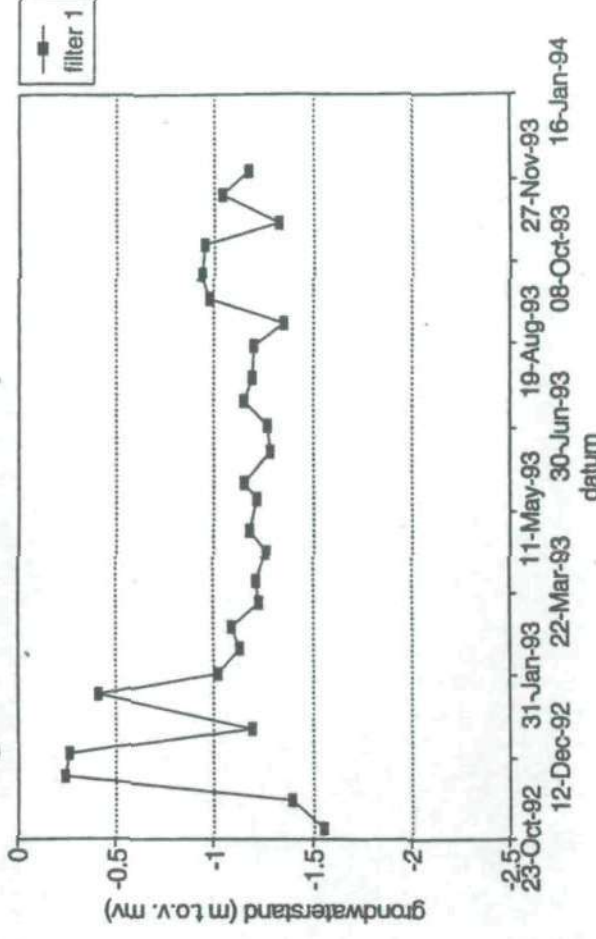
grondwaterstand peilbuis 5



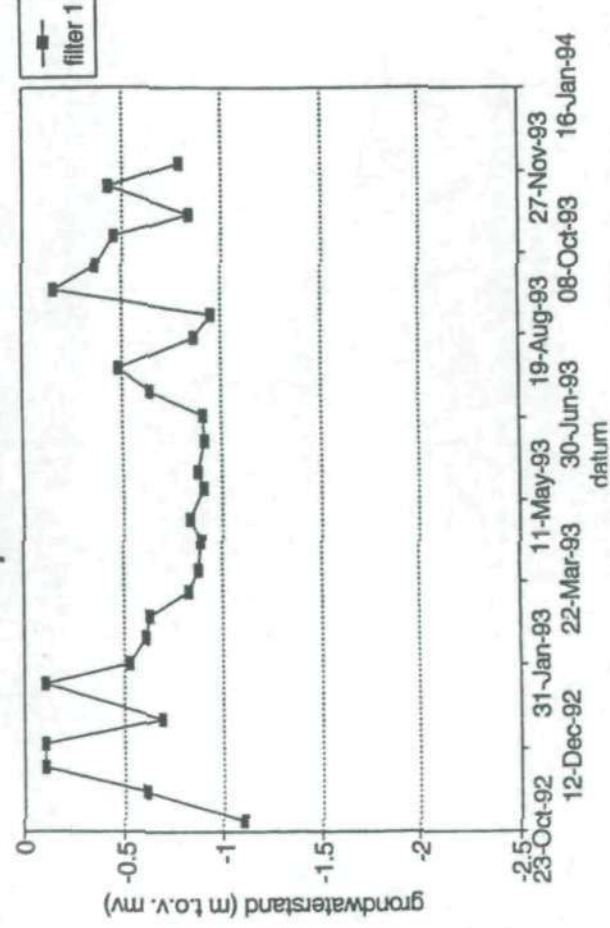
grondwaterstand peilbuis 6



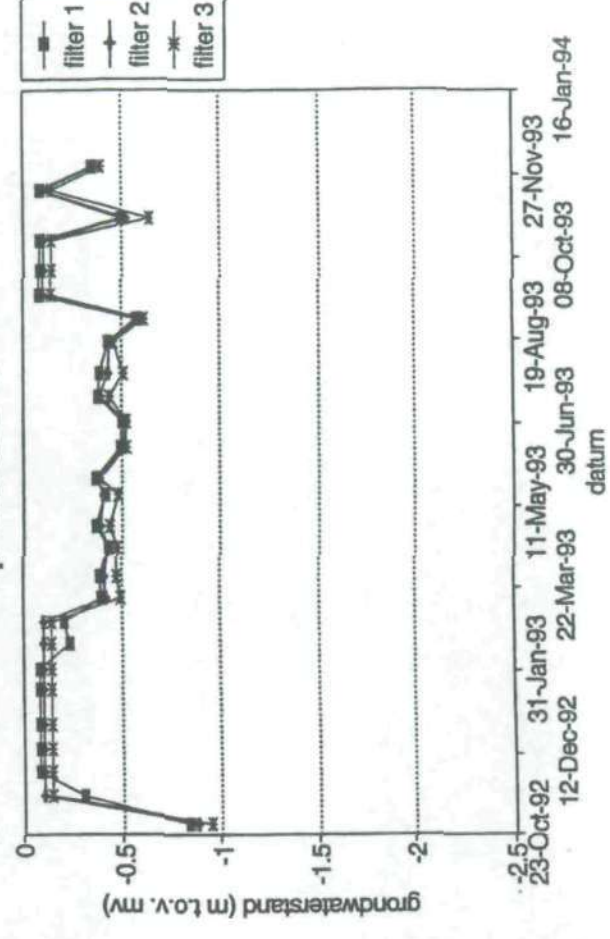
grondwaterstand peilbuis 8



peilbuis 7



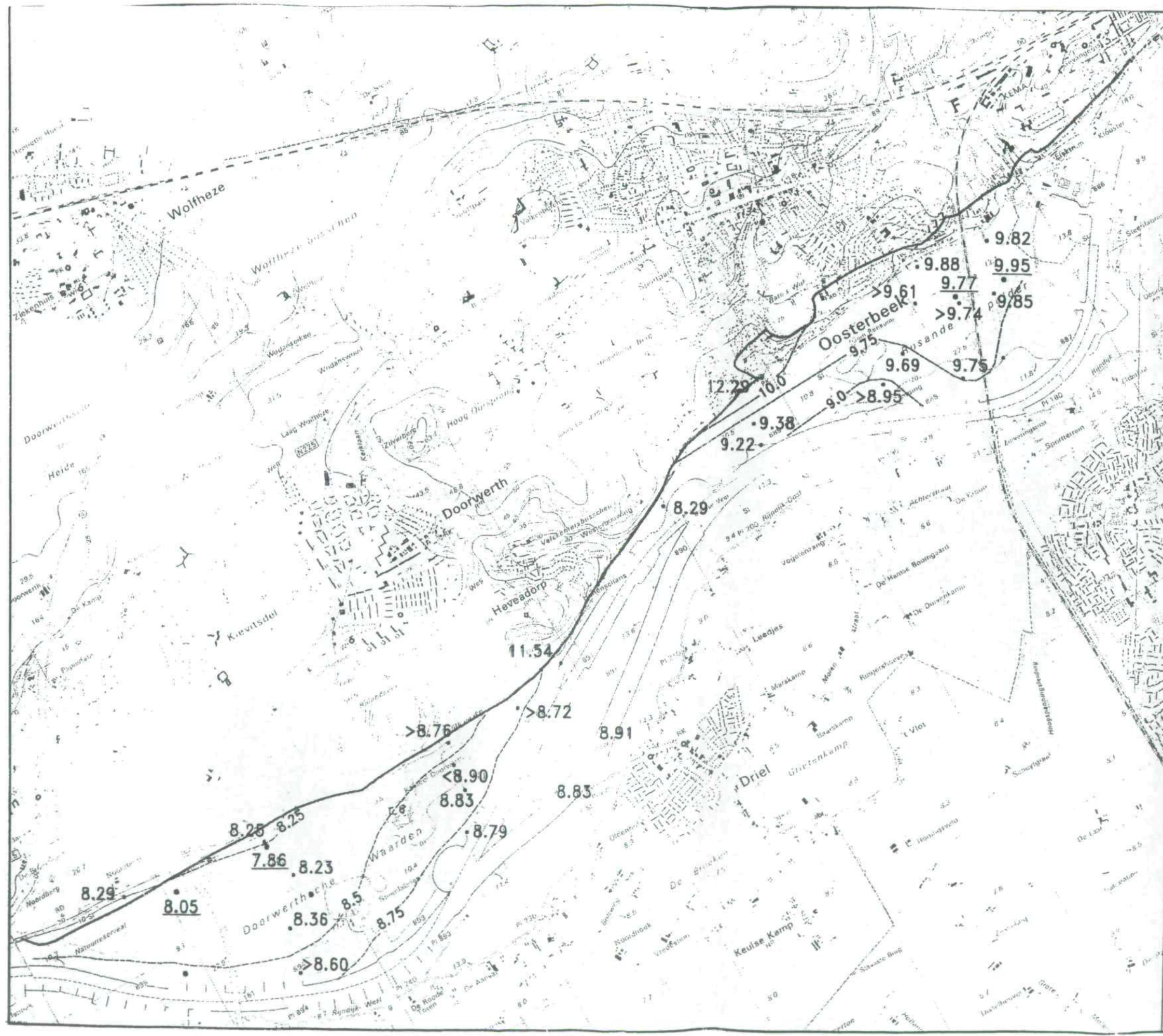
peilbuis 9











LEGENDA:

- 9.0 — isohyps
- 8.83 grondwaterstand in m. t.o.v. NAP (waarnemingsput)
- 9.77 waterstand in m. t.o.v. NAP (peilschaal)

Figuur 8  
 Isohypskaart  
 1 dec. 1992 (nat)  
 Overgenomen uit Supèr, J.  
 en C.M. Gommer (1993)



Project:  
 Rosandepolder en  
 Doorwerthsche waarden  
 Isohypskaart  
 1 dec. 1992 (nat)

Getekend:	H. Solon
Datum:	dec. 1993
Projectnr.	981.089.113
Tekeningnr	81217H05

**kiwa**  
 Onderzoek & Advies  
 Afdeling: Winning en Bodem  
 Postbus 1072  
 3430 BB Nieuwegein

Schaal 1:25000









# LEGENDA:

- MP6 afvoermeetpunt
- waterloop
- rand van stuwwal
- ▨ kwelplekken

Figuur 10  
Overzicht van beken en  
afvoermeetpunten  
Overgenomen uit Supèr, J.  
en C.M. Gommer (1993)



Project:  
Rosandepolder en  
Doorwerthsche waarden  
Overzicht van de beken en  
afvoermeetpunten

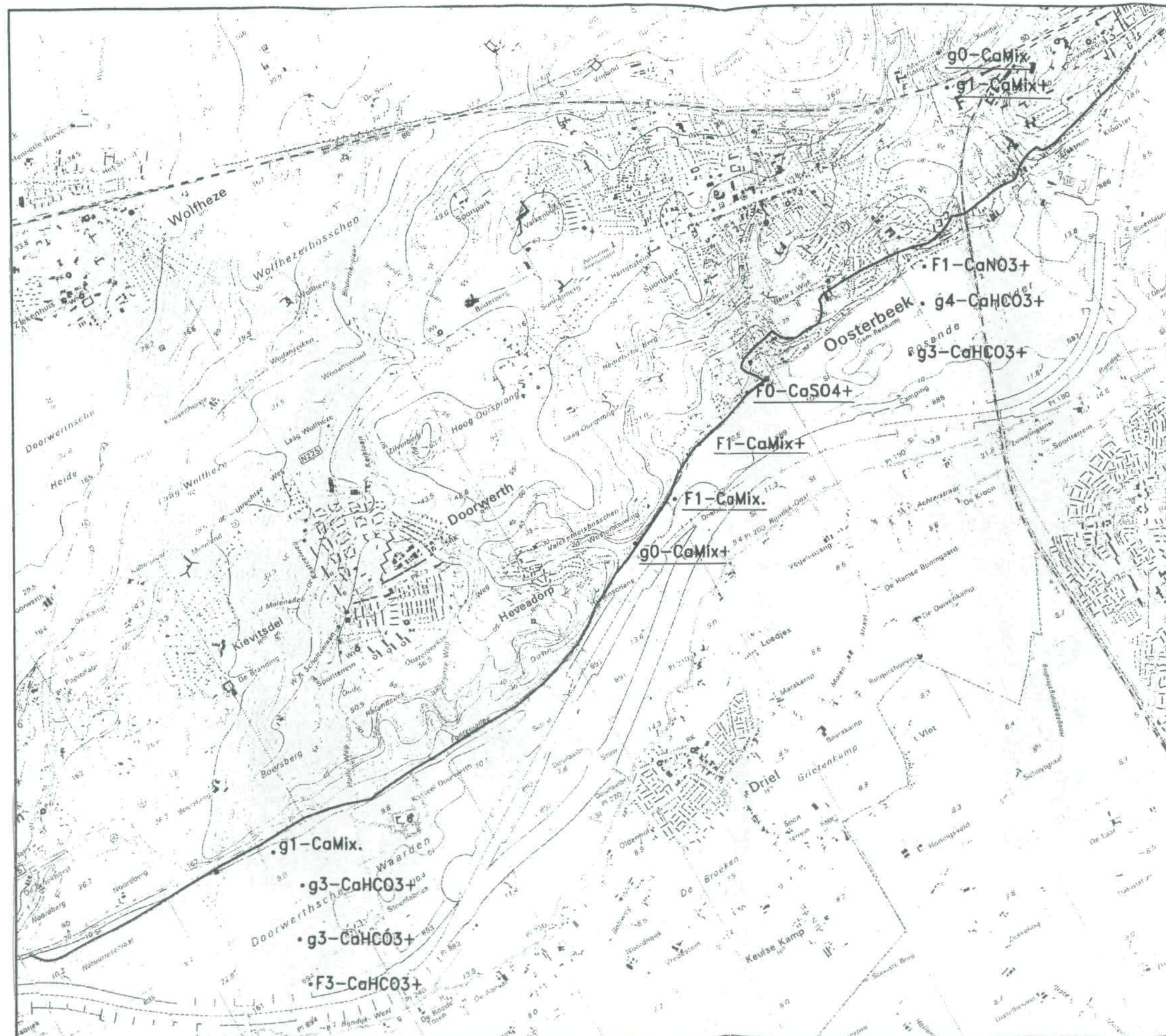
Getekend:	H. Solon
Datum:	dec. 1993
Projectnr.	981.089.113
Tekeningnr	B1217H01

**kiwa**

Onderzoek & Advies  
Afdeling: Winning en Bodem  
Postbus 1072  
3430 BB Nieuwegein

Schaal 1:25000





LEGENDA:

• F1-CaMix+ oppervlaktewatertype

• g4-CaHCO3+ grondwatertype

Figuur 11  
Watertypen  
Overgenomen uit Supèr, J.  
en C.M. Gommer (1993)



Project:  
Rosandepolder en  
Doorwerthsche waarden  
Watertypen m.b.v. de  
Stuyfzand-classificatie

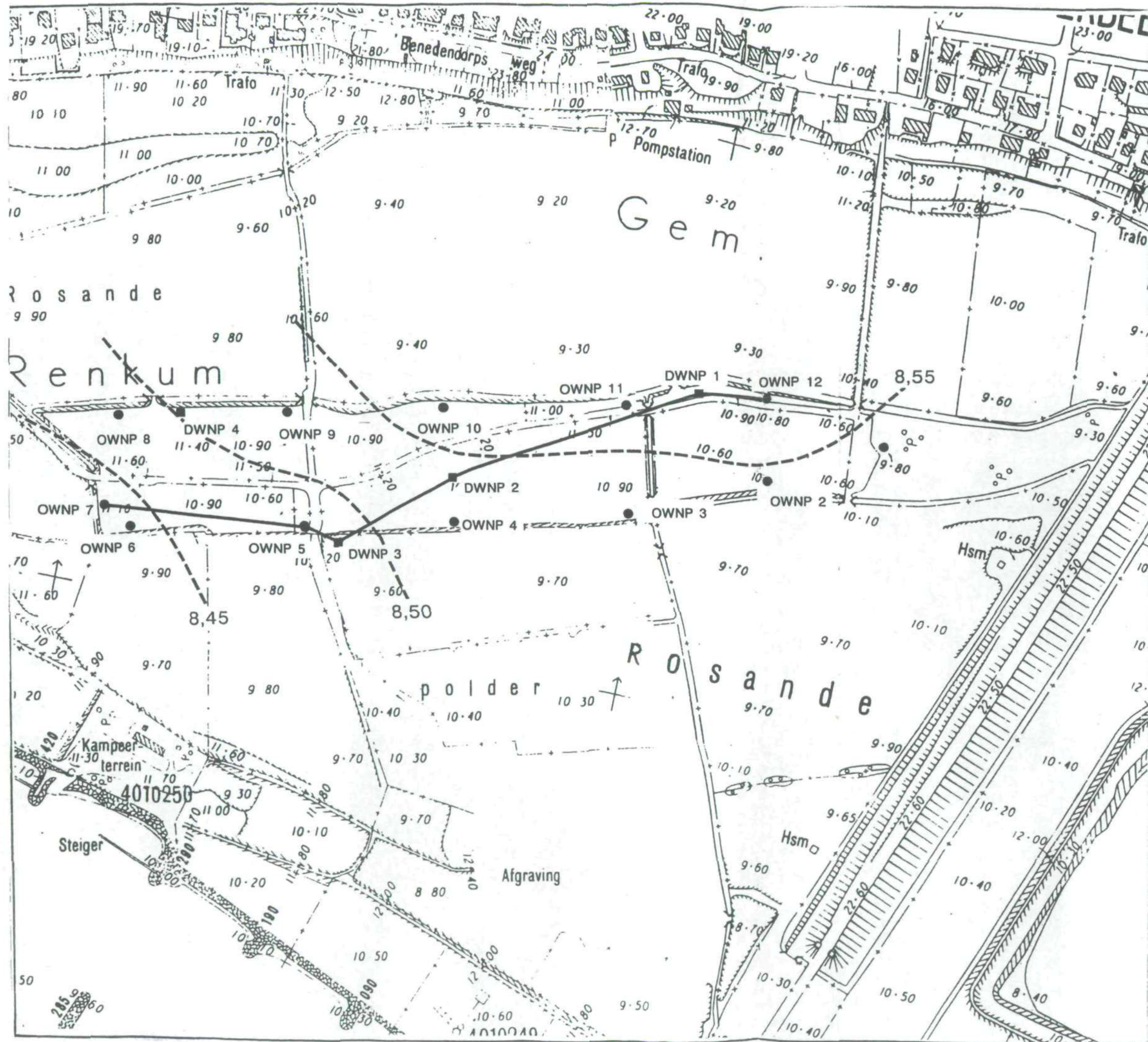
Getekend: H. Solon  
Datum: dec. 1993  
Projectnr. 981.089.113  
Tekeningnr. 81217H07

**kiwa**

Onderzoek & Advies  
Afdeling: Winning en Bodem  
Postbus 1072  
3430 BB Nieuwegein

Schaal 1:25000






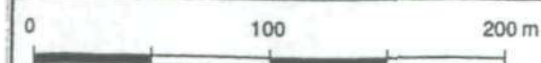
Legenda :

- ondiepe waarnemingsput
- diepe waarnemingsput
- ligging dwarsprofiel
- isohypse (NAP +8,55m)

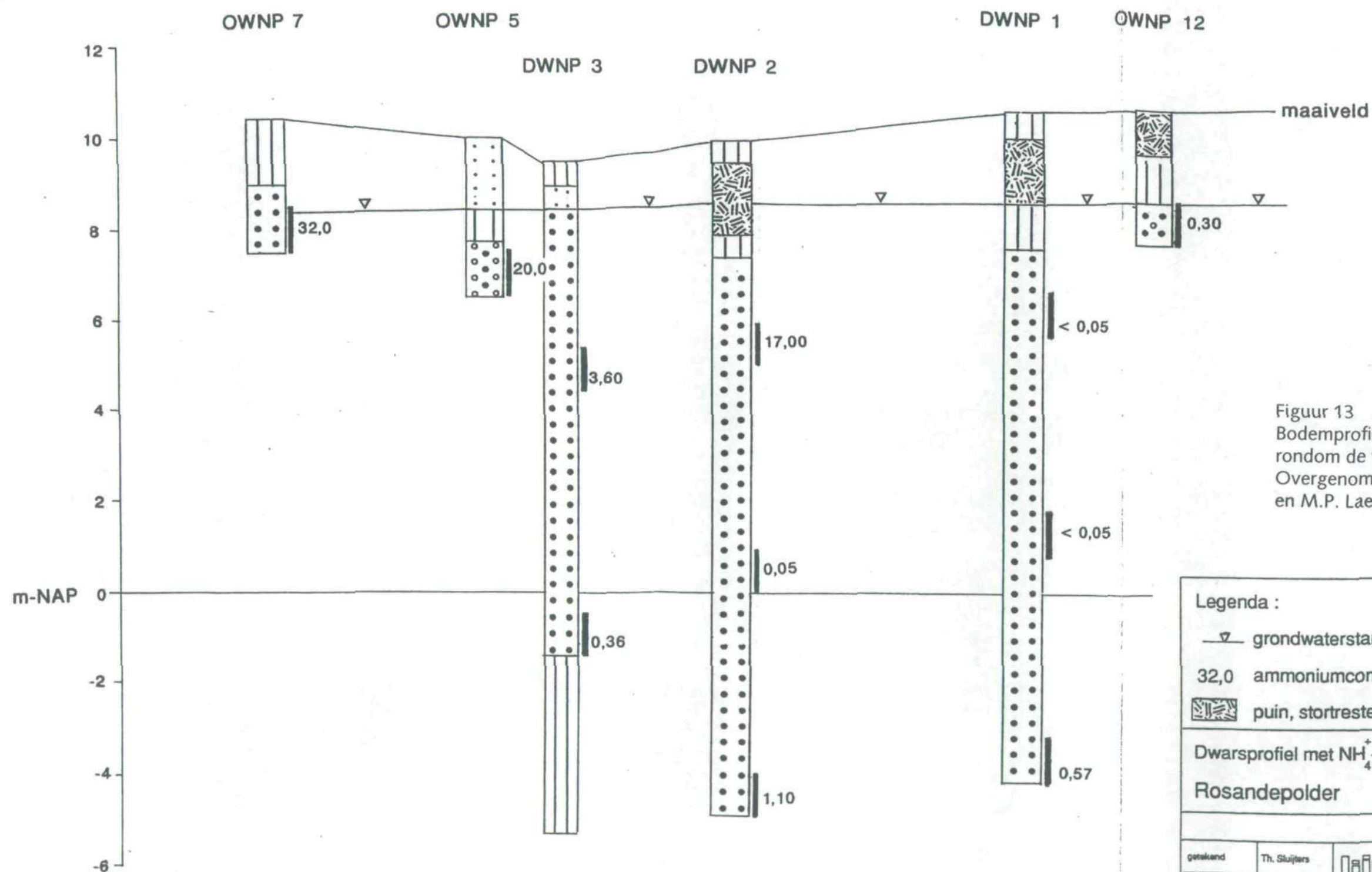
Figuur 12  
Plaats van de boringen  
en waarnemingsputten  
Overgenomen uit Supër, J.  
en M.P. Laeven (1992)

Situering ondiepe en diepe waarnemingsputten,  
ligging dwarsprofiel en isohypsenpatroon  
op 28 november 1991  
Rosandepolder

getekend	Th. Stuijters	 Hoofdafdeling Speurwerk Afdeling: Winning en Bodem Postbus 1072 3430 BB Nieuwegein
datum	december 1991	
projectnummer	981.089.091	
tekeningnummer	81124N 03 30	







Figuur 13  
Bodemprofielen  
rondom de vuilstort  
Overgenomen uit Supèr, J.  
en M.P. Laeven (1992)

Legenda :

—▽— grondwaterstand op 28 november 1999

32,0 ammoniumconcentratie (mg/l)

puin, stortresten

Dwarsprofiel met  $\text{NH}_4^+$ -concentraties

Rosandepolder

getekend	Th. Sluijters	
datum	december 1991	
projectnummer	981.009.091	
tekeningsnummer	81124N 02 30	

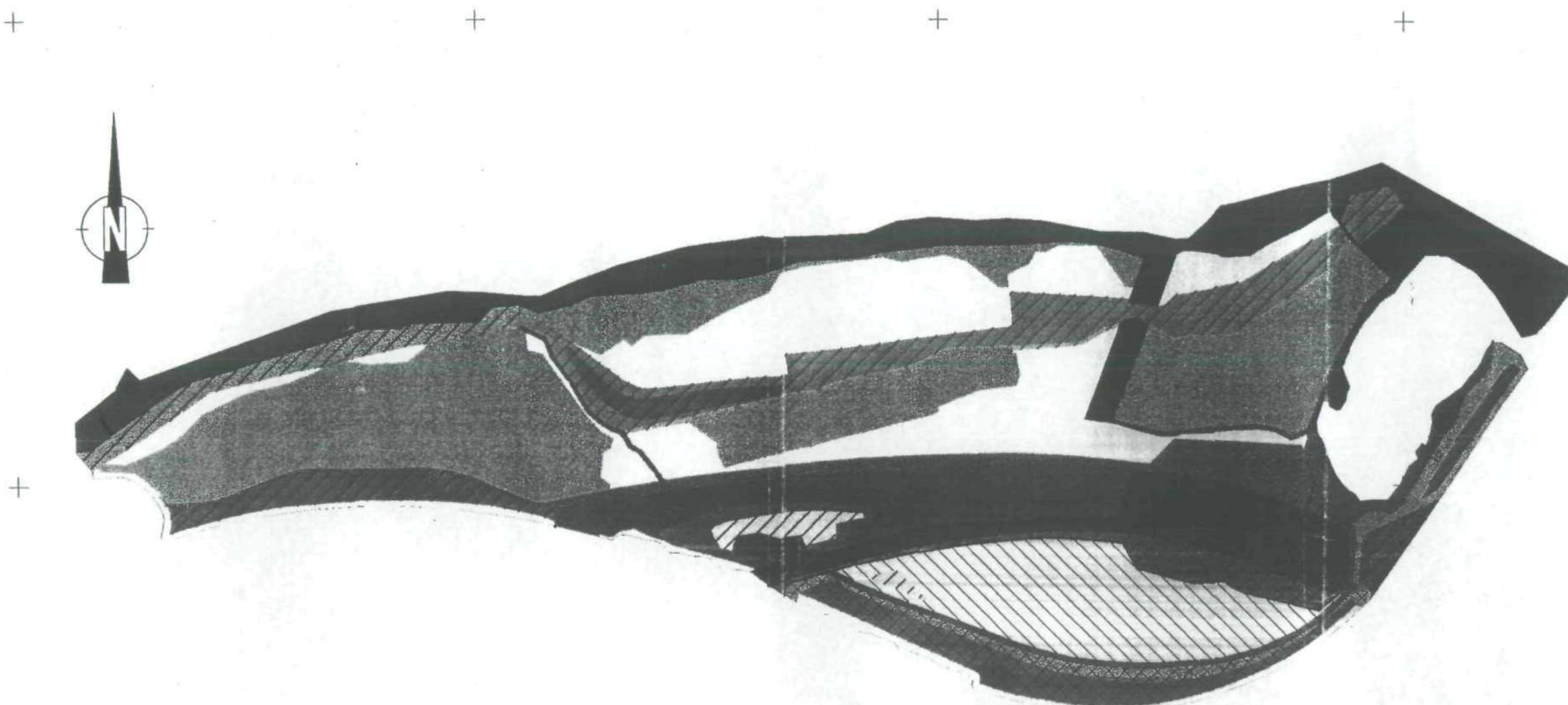
Schaal

horizontaal: 0 100 m

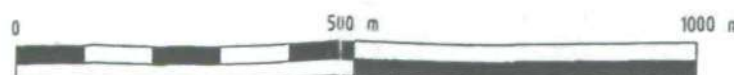
verticaal: 1 : 100



# Hoogtemodel combinatie alternatief



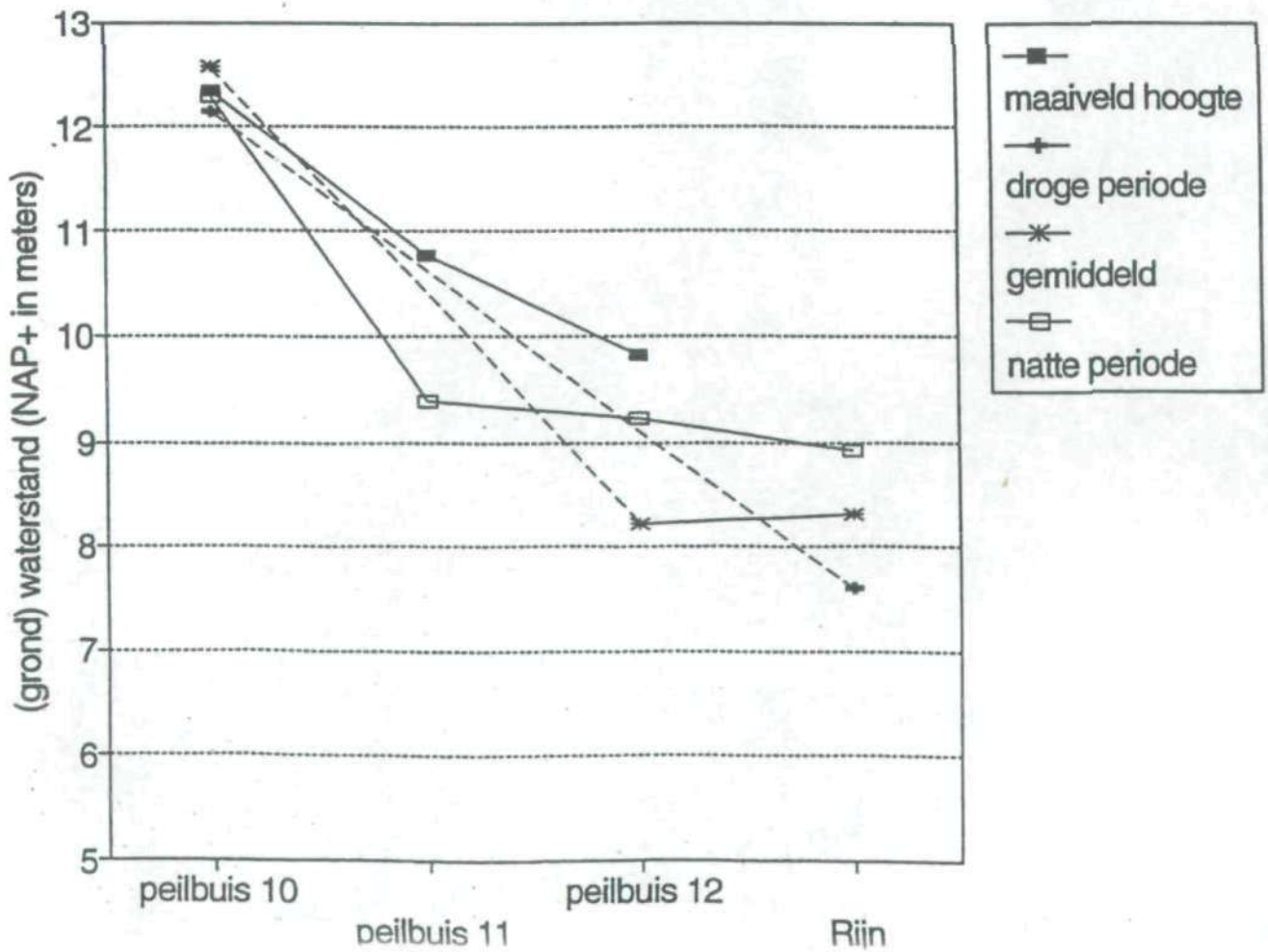
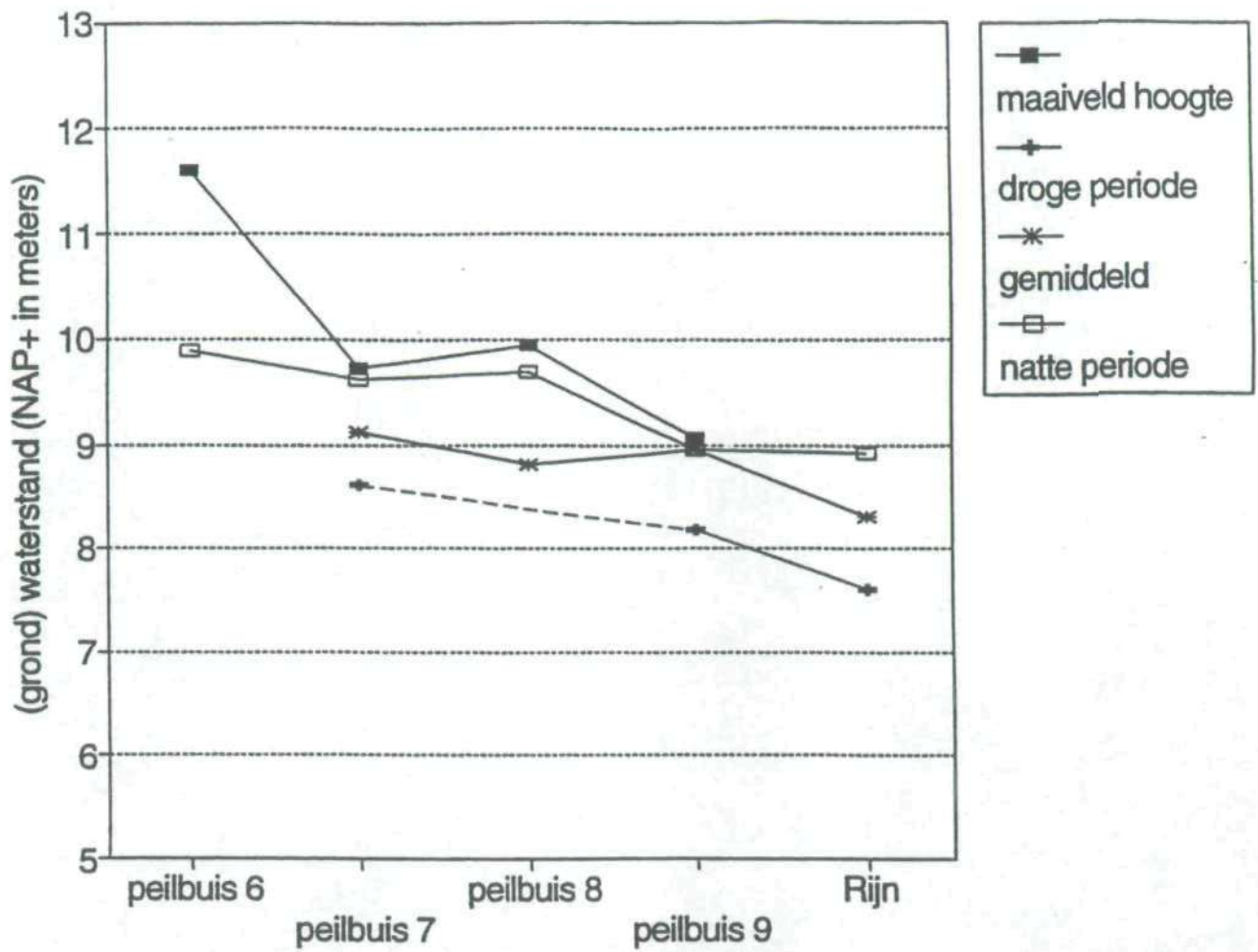
- Aanpassing oeververlaging (berekening C01)
- Verlaging uiterwaard (berekening C02)
- 6.0m NAP
- 7.0m NAP
- 8.0m NAP
- 8.5m NAP
- 9.0m NAP
- 9.5m NAP
- 11 m NAP (ophogen)
- 12 m NAP (ophogen)
- 9,0-10,0m NAP (onvergraven)
- 10,0-11,0m NAP (onvergraven)
- 11,0-12,0m NAP (onvergraven)
- >12,0m NAP (onvergraven)
- Rijksdriehoek-coördinaten



Figuur 14  
Inrichting Rosandepolder hoogte combinatie alternatief  
Overgenomen uit Ontwerprapport Inrichting Rosandepolder  
Conceptrapportage DHV (1999)

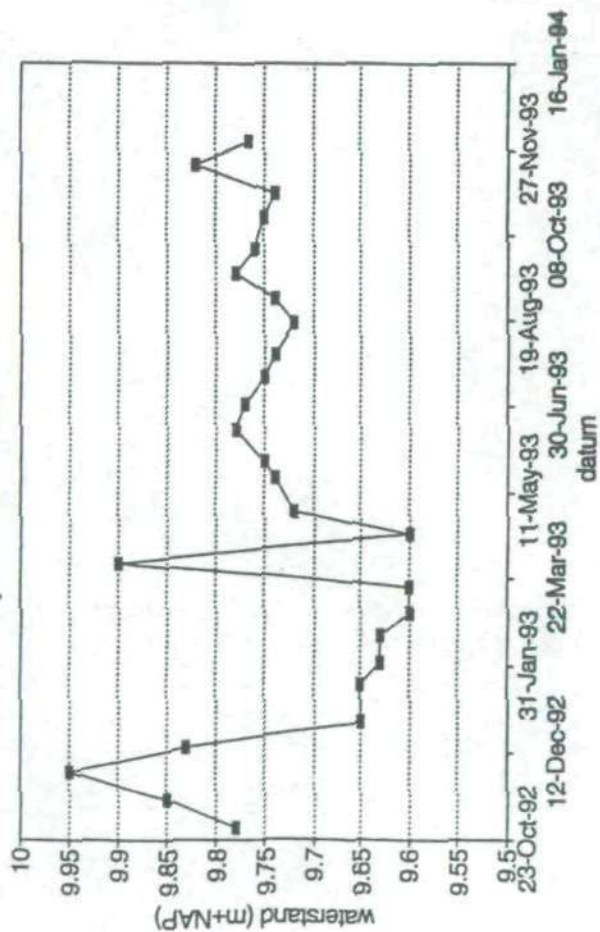
naam ontwerp / wijziging naam richtlijn / ontwerp		versie / uitgave WPO 19-01-99	
documentstatus: <input type="checkbox"/> informatief <input type="checkbox"/> concept <input checked="" type="checkbox"/> actief			
<b>Inrichting Rosandepolder</b>			
Rijkswaterstaat, DON		Hoogtemodel combinatie alternatief	
		H+N+S	
DHV Milieu & Infrastructuur BV Amersfoort		polen te n. t.a.x. naar n. schied. 1998 documentnummer P3871-24.001	
		versie A1 inrichtingsfase concept 1	

# Rosandepolder

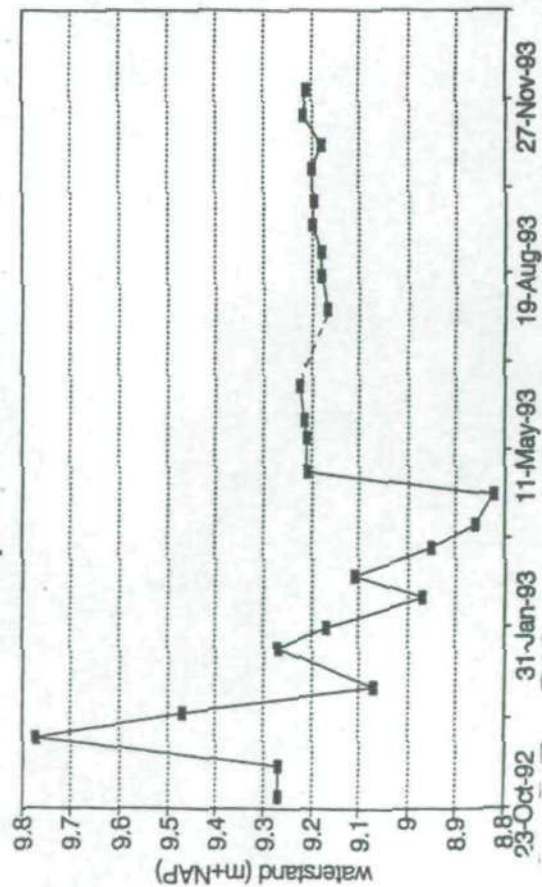




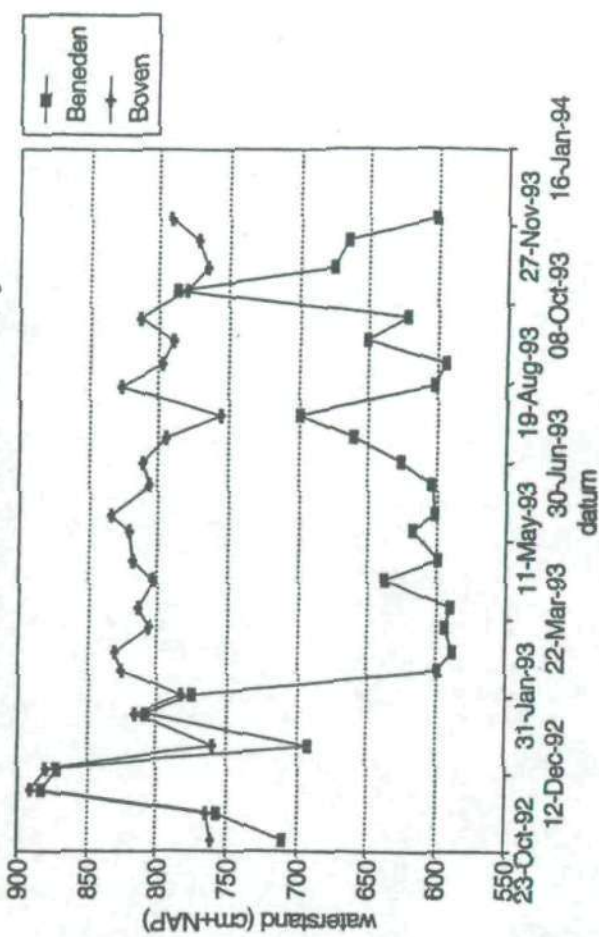
peilschaal A



peilschaal B



Waterstand Neaerrijn



Figuur 6  
 Waarnemingen van waterstanden  
 waarnemingsputten en peilschalen  
 Overgenomen uit Supèr, J.  
 en C.M. Gommer (1993)