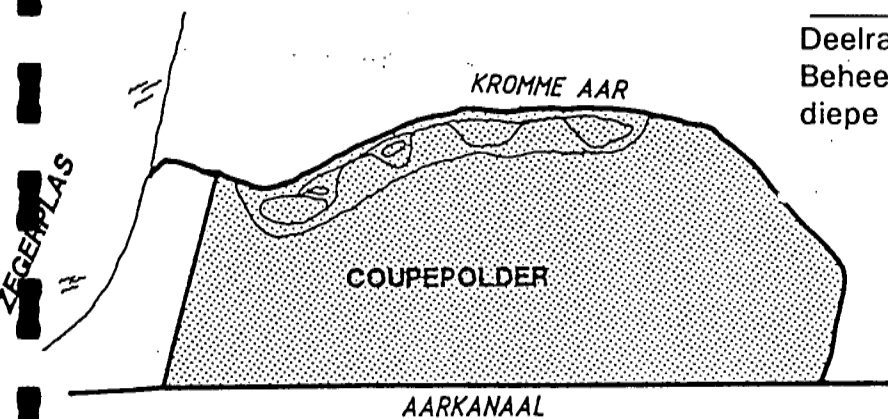


Provincie Zuid-Holland,
Dienst Water en Milieu,
Afdeling Bodemsanering
Code ZH 020/007

**ONDERZOEK MONITORING EN
BEHEERSMAATREGELEN
STORT COUPEPOLDER
ALPHEN AAN DEN RIJN**

loc AA048401526
rap AA048402497



Deelrapportage 2:
Beheersmaatregelen voor het
diepe grondwater

IWACO

Adviesbureau voor water en milieu

Postbus 8520
3009 AM Rotterdam

COLOFON:

IWACO B.V.
Regionale Vestiging Rotterdam
Postbus 8520, 3009 AM Rotterdam
Hoofdweg 490, 3067 GK Rotterdam
Telefoon (010-4076543)
Telefax (010-2200025)

27 augustus 1992
Alphen aan den Rijn, vuilstort, beheer-
sing grondwater, zuivering
PRV
SO
537

Projectnummer: 10.2485.0
Projecttitel: Onderzoek monitoring en beheersmaatregelen stort Coupépolder
Rapporttitel: Deelrapportage 2: Beheersmaatregelen voor het diepe grondwater
Opdrachtgever: Provincie Zuid-Holland, Dienst Water en Milieu, Afdeling Bodemsanering
Code ZH 020/007

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

INHOUDSOPGAVE

SAMENVATTING

1. INLEIDING	1
2. GEOHYDROLOGIE	2
2.1 Bodemopbouw	2
2.2 Grondwaterstroming (lokaal/regionaal)	2
2.3 Beschrijving numeriek model	3
2.3.1 Afweging numerieke/analytische berekeningen	3
2.3.2 Korte omschrijving model	4
2.3.3 Onzekerheden parameters	4
3. ZUIVERING	6
3.1 Algemeen	6
3.2 Uitgangspunten	6
3.3 Potentiële zuiveringstechnieken	9
3.4 Zuiveringssystemen	11
3.4.1 Algemeen	11
3.4.2 Alternatief met chloridenorm	12
3.4.3 Alternatief zonder chloridenorm	12
3.4.4 Systeemkeuze	13
3.5 Kostenevaluatie	14
4. BEHEERSVARIANTEN	17
4.1 Algemeen	17
4.2 Toelichting beheersvarianten	18
5. EVALUATIE BEHEERSVARIANTEN	24
5.1 Algemeen	24
5.2 Toetsingscriteria	24
5.2.1 Uitvoerbaarheid	25
5.2.2 Flexibiliteit	25
5.2.3 Monitoorbaarheid	26
5.2.4 Effect op het ringdrainagesysteem	27
5.2.5 Maatschappelijke effecten	28
5.2.6 Bestuurlijke betrokkenheid	28
5.2.7 Restrisico's	29
5.2.8 Financiële aspecten	29
5.3 Evaluatie	31
6. CONCLUSIES	32
7. AANBEVELINGEN	33
8. LITERATUURLIJST	34

FIGUREN

1. Schematische dwarsdoorsneden beheersvarianten
2. Ligging putten/puttenveld
3. Bovenaanzicht en dwarsdoorsnede grondwaterstroompatroon bij bemaling stroomafwaarts stort
4. Netwerk ten behoeve van numerieke modellering grondwaterstroming, regionaal overzicht
5. Netwerk ten behoeve van numerieke modellering grondwaterstroming, lokaal netwerk omgeving Coupépolder
6. Stijghoogten eerste watervoerend pakket, uitgangssituatie
7. Stijghoogten eerste watervoerend pakket bij onttrekking van 50 m³/h, regionaal beeld
8. Stijghoogten freatisch pakket, uitgangssituatie
9. Stijghoogten eerste watervoerend pakket bij onttrekking van 50 m³/h, lokaal beeld
10. Stijghoogten freatisch pakket bij onttrekking van 50 m³/h
11. Schematisatie ondergrond

BIJLAGEN

1. Zuiveringstechnieken
2. Simulatie grondwaterstroming
3. Investeringskosten bovenafdichting
4. Waardering toetsingscriteria beheersmaatregelen
5. Relatie kosten en tijdsduur waarna een beheersvariant wordt gestart
6. Immobilisatie

SAMENVATTING

ALGEMEEN

In opdracht van de provincie Zuid-Holland verricht IWACO B.V., Adviesbureau voor Water en Milieu, het onderzoek naar de monitoring en beheersmaatregelen met betrekking tot de vuilstort Coupépolder te Alphen aan den Rijn. Het onderzoek is onderverdeeld in 3 fasen. In fase 1 worden de potentiële beheersmaatregelen onderzocht, in fase 2 komt de monitoring van het grondwater aan de orde en in fase 3 wordt een beslismodel geformuleerd.

In dit rapport worden beheerssystemen, voor het diepe grondwater onder de stort, uitgewerkt en onderling geëvalueerd. Deze beheerssystemen dienen een onacceptabele verontreiniging van het grondwater in het eerste watervoerend pakket (het zogenaamde diepe grondwater) te voorkomen. Uitvoering van de beheersmaatregelen vindt plaats nadat door middel van het monitoringsysteem is geconstateerd, dat de grondwaterkwaliteit significant is verslechterd, maar voordat de verontreinigingssituatie onbeheersbaar wordt. De potentiële beheerssystemen worden onderling op basis van milieukundige, technische, financiële, maatschappelijke en bestuurlijke aspecten geëvalueerd.

In het rapport komen achtereenvolgens aan de orde: de geohydrologische omstandigheden, het grondwaterstromingsmodel, de zuivering van verontreinigd grondwater, de potentiële beheersvarianten, de conclusies en tenslotte enkele aanbevelingen.

BEHEERSVARIANTEN

Voor de lokatie Coupépolder doen zich de volgende potentiële beheersvarianten voor:

- grondwateronttrekking via:
 - * drains;
 - * 1 pompput;
 - * meerdere pompputten;
- grondwateronttrekkingen op de volgende lokaties:
 - * onder de hele stort;
 - * onder de geulafzettingen;
 - * in de geulafzettingen;
 - * stroomafwaarts in het eerste watervoerend pakket;
- grondwateronttrekkingen in combinatie met:
 - * bovenafdichting op de stort;
 - * afdichting onder de stort;
 - * verticale bentoniet-wanden rondom de stort tot 45 m diepte;
- geforceerde infiltratie onder de stort om een kwelsituatie te genereren;
- immobilisatie, waardoor het afval in een steenachtig materiaal wordt omgezet, dat niet of nauwelijks uitlooft.

In totaal zijn 27 beheersvarianten omschreven en doorgerekend. Beheersvariant nummer 28 (verbranding op de lokatie) is als referentie opgenomen. Bij elk geohydrologisch beheerssysteem wordt de onttrekkingshoeveelheid vermeld.

ZUIVERING

Toepassing van beheersmaatregelen voor de lokatie Coupépolder maakt zuivering van het opgepompte percolaatwater noodzakelijk. Gezien de hydraulische beperking van de huidige RWZI in Alphen aan den Rijn, is voor dit onderzoek van het lozen van voorgezuiverd water op het omringende boezemwater uitgegaan. 2 waterstromen (het ringdrainagewater en het opgepompte diepe grondwater) dienen een behandeling te ondergaan. Op basis van grondwaterkwaliteitsgegevens en de (voorlopige) lozingsnormen van het Hoogheemraadschap Rijnland, is onderzocht op welke wijze het vrijkomende water het best kan worden gezuiverd.

Het systeem dient, bij een "gemiddelde", alsmede "maximale" verontreinigingssituatie de volgende stoffen en stofgroepen te verwijderen, alvorens lozing op het oppervlaktewater plaatsvindt:

- organische stoffen (CZV en BZV);
- stikstofverbindingen (NH_4^+ -N en Kjeldahl-N);
- zouten (chloride);
- organische micro's (fenolen en EOX);
- vluchtige aromatische koolwaterstoffen (BTEX);
- zware metalen (Zn, Cu, Cr, Ni, Pb en Hg).

Alleen door combinaties van fysische, fysisch-chemische en/of aeroob-biologische behandelingstechnieken kan een effluent worden verkregen, dat op het oppervlaktewater mag worden geloosd. De systeemkeuze wordt door een drietal factoren bemoeilijkt:

- het verwijderen van chloride;
- het verwijderen van moeilijk afbreekbare organische verbindingen;
- het verwijderen van stikstofverbindingen (ammonium en nitraat).

Voor de keuze van een adequaat zuiveringssysteem wordt onderscheid gemaakt tussen een situatie waarbij al dan niet een chloridenorm van toepassing is.

Ervan uitgaande dat aan de chloridenorm moet worden voldaan, is toepassing van membraanfiltratie de enige adequate oplossing. Het processchema ziet er dan als volgt uit:

Alternatief 1

Coagulatie, Flocculatie, Sedimentatie (CFS) - zandfiltratie - luchtstrippen - hyperfiltratie

Voor de verwerking en afvoer van de vrijkomende concentraatstroom (bestaande uit CZV, ammonium en niet vluchtige micro's) dient een oplossing te worden gevonden.

Ervan uitgaande dat geen chloridenorm van toepassing zou zijn, kunnen naast het bovengenoemde processchema nog 2 alternatieven worden genoemd, te weten:

Alternatief 2

CFS - zandfiltratie - luchtstrippen - biologische nitrificatie/denitrificatie

Eventueel dient een koolfilter te worden geplaatst om de (vluchtige) organische micro's te verwijderen.

Alternatief 3

CFS - zandfiltratie - luchtstrippen - ozonisatie - biologische denitrificatie

De 3 zuiveringsalternatieven zijn economisch met elkaar vergeleken. De onnauwkeurigheid in de kostenramingen bedraagt circa 30%. Deze wordt met name bepaald door onzekerheden in de kostenontwikkeling op de lange termijn, die verband houden met verwerkingsmogelijkheden van de afvalstromen en de vergunningen hiervoor. Uit de kostenraming blijkt zuivering in eigen beheer aanzienlijk duurder te zijn dan lozing op de RWZI. Lozing op de RWZI is echter vooralsnog niet mogelijk, gezien de hydraulische capaciteit van deze installatie. Bovendien is deze zuiveringsinstallatie niet ontworpen voor het ontvangen van het type water dat door beheersing op de Coupépolder vrijkomt.

Indien een eis aan het chloridegehalte wordt gesteld, is alleen alternatief 1 met hyperfiltratie mogelijk. Bij debieten kleiner dan 60 m³/uur is dit de duurste variant. Indien geen chloride-norm van toepassing is, lijkt alternatief 2 met biologische zuivering voor debieten kleiner dan 60 m³/uur het meest geschikte alternatief.

Alvorens een zuiveringsinstallatie gaat worden gebouwd, dient met een proefinstallatie een proefneming plaats te vinden op semi-technische schaal om de uitgangspunten te kunnen verifiëren en het gekozen systeem te optimaliseren.

SELECTIE BEHEERSVARIANTEN

De evaluatie heeft plaatsgevonden op basis van de volgende toetsingscriteria: uitvoerbaarheid, flexibiliteit, monitoorbaarheid, effect op de ringdrainage, maatschappelijke effecten, bestuurlijke betrokkenheid, restrisico's, zuiveringsaspecten en financiële aspecten.

Omdat een beheersvariant in staat dient te zijn om een bepaalde verontreinigingssituatie volledig te beheersen, wordt aan het aspect restrisico's een relatief groot gewicht toegekend.

Behalve voor de financiële aspecten, is de "waarde" van de meeste criteria niet in absolute getallen uit te drukken. Aan die toetsingscriteria zijn derhalve kwalitatieve waarderingen toegekend.

Een negatieve beoordeling is gegeven aan:

- technieken waarbij praktijkervaring ontbreekt;
- uitvoeringsmethoden die met grote milieuhygiënische risico's gepaard gaan;
- systemen waarvan de duurzaamheid niet kan worden gegarandeerd;
- systemen waarmee onvoldoende flexibel op een veranderende verontreinigingssituatie kan worden gereageerd;
- systemen waarbij de monitoring, anders dan tegen zeer grote inspanningen, niet goed mogelijk is;
- systemen waarbij de recreatieve functie van de lokatie tijdelijk of permanent wordt beperkt;
- systemen die een grote mate van bestuurlijke betrokkenheid vergen;
- systemen waarbij restrisico's overblijven.

Indien meerdere varianten over het geheel een positieve beoordeling krijgen, wordt de voorkeur aan de goedkoopste van die varianten gegeven.

CONCLUSIES

Uit de evaluatie zijn 2 beheersvarianten als meest geschikt naar voren gekomen.

Indien uit het onderzoek naar vrijkomende stortgassen blijkt, dat het aanbrengen van een bovenafdichting niet noodzakelijk is, dan is de meest geschikte variant een geohydrologisch systeem, bestaande uit 7 pompputten (variant 13). Deze worden langs de noordzijde van de Kromme Aar gesitueerd. Met de pompputten wordt verontreinigd grondwater uit het eerste watervoerend pakket onttrokken. Afhankelijk van de uitgestrektheid van de verontreinigingssituatie bedraagt het debiet maximaal 50 m³/uur. De beheersing is volledig en heeft een permanent karakter.

Met het vrijkomen van verontreinigd ringdrainagewater (15 tot 25 m³/uur) dient rekening te worden gehouden. Gezien de vergelijkbaarheid in type verontreiniging worden beide waterstromen in 1 waterzuiveringsinstallatie behandeld.

De maatregelen uit variant 13, uitgebreid met een bovenafdichting, worden beschreven in variant 15. Het debiet, behorend bij deze variant, bedraagt (op termijn) circa 40 m³/uur. De uitvoeringstechnische integratie van beide varianten is eenvoudig.

Gezien de beperking van de huidige RWZI is voor dit onderzoek van het lozen van gezuiverd water op het omringende boezemwater uitgegaan. De zuivering voldoet aan de door het Hoogheemraadschap opgelegde (voorlopige) lozingsnormen. Het processchema van de zuivering (alternatief 1) is als volgt:

- * CFS - Zandfiltratie - Luchtstrippen - Hyperfiltratie

Van alle potentiële beheersvarianten behoort variant 13 tevens tot de goedkopere. In onderstaande tabel worden de kosten van variant 13 en 15 gegeven.

Beheersmaatregel	Investeringskosten	Exploitatiekosten	Netto contante waarde
	(in miljoenen guldens)		
variant 13	7,3 - 8,3	2,6	58,5 - 59,5
variant 15	28,4	1,9	65,5

Uitgegaan is van een netto contante waarde bij een effectieve rente van 5% en een looptijd van 50 jaar.

Indien de huidige bovenafdekking lokaal wordt verbeterd, nemen de kosten van beheersvariant 13 met circa f 1.000.000,- toe. De jaarlijkse exploitatiekosten worden voor circa 95% door de zuiveringslasten bepaald. De exploitatiekosten nemen vrijwel evenredig toe met het debiet.

De onzekerheden in de kostenraming worden door onbekendheid in de kostenontwikkeling in de komende 50 jaar bepaald.

AANBEVELINGEN

Het advies aan de provincie Zuid-Holland luidt als volgt:

- het voorbereiden van een beheerssysteem dat bestaat uit 7 pompputten, langs de noordzijde van de Kromme Aar, waarmee grondwater uit het eerste watervoerend pakket kan worden onttrokken;
- het uitvoeren van een proefzuivering op het vrijkomende ringdrainagewater ter optimalisatie van het gekozen zuiveringssysteem. Dit onderzoek is noodzakelijk, gezien de complexiteit van de materie en wordt aanbevolen, gezien de hoge kosten die met de zuivering zijn gemoeid;
- het op termijn installeren van een zuiveringsinstallatie, waarvan het effluent op het omringende boezemwater wordt geloosd, zolang de huidige randvoorwaarden van het Hoogheemraadschap zich niet wijzigen.

1. INLEIDING

In opdracht van de provincie Zuid-Holland, Dienst Water en Milieu, Afdeling Bodemsanering (opdrachtnummer 199100367/158, kenmerk DWM 25597, code ZH/020/007, brief 25 juni 1991), verricht IWACO B.V. het onderzoek naar de beheersmaatregelen en monitoring met betrekking tot de vuilstort Coupépolder te Alphen aan den Rijn. Onderhavige rapportage beperkt zich tot fase 1 van het onderzoek. In deze fase worden beheerssystemen uitgewerkt en onderling geëvalueerd. De beheerssystemen hebben tot taak een onbeheersbare verontreinigingssituatie van het grondwater in het eerste watervoerend pakket (het zogenaamde diepe grondwater) te voorkomen. In mei 1991 is door de provincie Zuid-Holland besloten om de beheersmaatregelen voor de taluds en de waterhuishouding versneld uit te voeren. De desbetreffende maatregelen zijn in [1] uitgewerkt.

De uitgangspunten van het onderzoek worden als volgt geformuleerd:

- emissies vanuit de stort vinden plaats via de geulafzettingen en via de holocene kleilaag;
- onacceptabele emissies dienen door een monitoringsysteem (fase 2) te worden gesignaleerd;
- een onacceptabele emissie van een verontreiniging uit de stort naar het eerste watervoerend pakket dient volledig te worden beheerst;
- zuivering van opgepompt diep grondwater dient plaats te vinden op of nabij de lokatie, waarbij het effluent op het oppervlaktewater dient te worden geloosd;
- het percolaatwater uit het ringdrainagesysteem dient bij voorkeur op eenzelfde wijze als het diepe grondwater te worden behandeld.

Het doel van dit onderzoek is het evalueren van beheersvarianten op basis van milieukundige, technische, financiële, maatschappelijke en bestuurlijke aspecten, zodanig, dat een verantwoorde keuze voor een bepaalde beheersvariant kan worden gemaakt.

De risico's voor de volksgezondheid en het milieu, die uit de vuilstort stromend (diep) grondwater bij het achterwege laten van beheersmaatregelen veroorzaakt, worden hier niet behandeld. Deze risico's zijn uitgebreid in [2] beschreven.

Het rapport is als volgt opgebouwd; in hoofdstuk 2 wordt op de geohydrologie en het grondwaterstromingsmodel ingegaan, in hoofdstuk 3 worden de zuiveringsaspecten behandeld, in hoofdstuk 4 worden de potentiële beheersvarianten gepresenteerd, deze worden in hoofdstuk 5 geëvalueerd en in hoofdstuk 6 en 7 volgen de conclusies en aanbevelingen.

2. GEOHYDROLOGIE

2.1 BODEMOPBOUW

De maaiveldhoogte van de stort varieert van NAP +2,0 m in het zuidelijk deel van de stort, tot NAP +12,0 m op de "bult", die in het noordelijk deel ligt. De stort ligt dus beduidend hoger dan de omgeving, die ongeveer op NAP -1,0 tot NAP -1,5 m ligt. De dikte van de stort onder het hoogste punt bedraagt circa 14 m, terwijl de dikte op het vlakke gedeelte varieert van 3 tot 6 m. Uit boorstaten van voorgaande onderzoeken blijkt, dat de onderzijde van de stort op ongeveer NAP -2,0 m ligt. Uit voorgaande onderzoeken blijkt, dat plaatselijk stortmateriaal tot een diepte van NAP -4 m kan worden aangetroffen. Vanwege het inhomogene karakter van vuilstorts, kan de hydraulische permeabiliteit lokaal sterk variëren. Literatuurwaarden liggen tussen de 0,1 en 1 m/dag. Uit isohypsenbeelden kan worden geconcludeerd, dat rond de bult de waarden relatief laag zijn en dat het afval op de rest van de stort een hogere permeabiliteit heeft. De opbouw van de ondergrond in de omgeving van de stort is als volgt te schematiseren (figuur 11). Vanaf maaiveld tot een diepte van NAP -10 m wordt het holocene afdekkend pakket aangetroffen (Westland Formatie). Deze afzettingen bestaan uit de oud-holocene klei- en veenlagen (Calais-fase) en de jong-holocene zandige geulafzettingen (Duinkerken-fase). De dikte van dit pakket bedraagt 8 à 10 m. De gemiddelde hydraulische weerstand varieert op regionale schaal van 250 tot 5.000 dagen. Lokaal kan de weerstand sterk van deze waarden afwijken. Uit dissipatieproeven (IWACO-rapport 1724, Vervolgonderzoek, Interimrapport, Fase 1A, tekst, oktober 1988) bleek, dat een ongestoorde holocene opbouw van klei- en veenlagen weerstanden tot 30.000 dagen kan hebben. In de buurt van de geulafzettingen (percentage klei: 30 - 60) nemen de waarden af tot 5.000 dagen, terwijl in de kern van de geul, waar deze het meest zandig is ontwikkeld, de waarden nog lager kunnen zijn. Onder het holocene pakket ligt het eerste watervoerend pakket. Dit is opgebouwd uit matig fijne tot matig grove zanden van de Formaties van Twente en Kreftenheye. Het doorlaatvermogen varieert op regionale schaal van 1.000 tot ruim 3.000 m²/dag. Het pakket heeft in de omgeving van de Coupépolder een dikte van circa 35 m en een doorlaatvermogen van 1.750 tot 2.000 m²/dag. Tussen het eerste en het tweede watervoerend pakket bevindt zich de eerste scheidende laag. Deze bestaat uit een 10 m dik pakket fijne slibhoudende zanden en kleilagen van de Formatie van Kedichem. De gemiddelde weerstand van dit pakket wordt op 10.000 dagen geschat. Het tweede watervoerend pakket, bestaand uit de fijne slibhoudende zanden van de Formaties van Kedichem en Maassluis en de fijne tot matig grove zanden van de Formatie van Tegelen, heeft een gemiddelde dikte van 190 m en een doorlaatvermogen van circa 2.500 dagen. De hieronder liggende kleiige afzettingen van de Formatie van Oosterhout worden als ondoorlatende basis van het systeem beschouwd.

2.2 GRONDWATERSTROMING (LOKAAL/REGIONAAL)

Het freatisch watervoerend pakket wordt door het stortmateriaal, met daarin percolatiewater, gevormd. Het pakket wordt rechtstreeks door de neerslag gevoed. De verzadigde dikte bedraagt ongeveer 3 m. De zijwaartse voeding van de stort wordt gering geacht (vergelijkbaar met de neerslag): het dijklichaam tussen de stort en het Aarkanaal heeft een lage doorlatendheid, de peilen in het Heemgebied (NAP -1,70 m) zijn relatief laag en aan de noordzijde van de stort is een kwelscherm tot een diepte van 8 m aangebracht.

Bijlage 1

Zuiveringstechnieken

ZUIVERINGSTECHNIKEN

De volgende potentieel toepasbare zuiveringstechnieken zullen in beschouwing worden genomen.

Techniek	Afscheiding van
oliewaterscheider/bufferbassin	minerale olie zwevende stof
coagulatie/flocculatie/sedimentatie	zware metalen
chemische oxydatie	ammonium-N
ozon/UV of ozon/peroxyde	CZV organische micro's
actief kooladsorptie	ammonium-N CZV organische micro's
luchtstrippen	BTEX NH ₄ ⁺ -N
biologische zuivering	BZV NH ₄ ⁺ -N
ionenwisseling	zware metalen chloride sulfaat nitraat
membraanprocessen	CZV
electrodialyse	zouten (Cl ⁻ , SO ₄ ²⁻ , NH ₄ ⁺) chloride ammonium

Hierna zal op deze technieken nader worden ingegaan.

Oliewaterscheider/bufferbassin

Om ervoor zorg te dragen, dat het zuiveringssysteem hydraulisch constant wordt belast, zullen pieken in de aanvoer moeten worden afgevlakt.

Coagulatie Flocculatie Sedimentatie (CFS)

CFS is in het algemeen een zeer geschikte techniek om zware metalen te verwijderen. Door toevoeging van chemicaliën, zoals FeCl₃ en Al₂(SO₄)₃, worden metaalprecipitaten gevormd, welke door middel van sedimentatie of eventueel flotatie (opdrijven zwevende bestanddelen onder invloed van luchtinbreng) worden verwijderd. Het rendement van precipitatie van Cr en Ni met aluminium is beperkt.

Tijdens het vlokformingsproces, door toevoeging van polyelectrolyten (PE) versneld en verbeterd, kan een redelijke verwijdering van een groot aantal andere stoffen (olie, koolwaterstoffen en EOX) optreden als gevolg van adsorptie aan de metaalvlokken of invang bij vlokvorming. Deze verwijdering is een neven-reinigend effect van de techniek. CFS zal geen of onvoldoende effect hebben op de verwijdering van stikstof, chloride, CZV en BTEX.

Chemische oxydatie

Een chemische oxydatie-stap zou in principe kunnen worden ingezet om ammonium te verwijderen c.q. om te zetten. Toepassing van chloor of chloorbleekloog kan ammonium tot chlooramines ("bleekpuntschlooring") omzetten.

Gezien de hoge ammonium-gehalten zal een zeer hoge chloordosering moeten worden toegepast, waarbij tevens met de aanwezige organische stof naar alle waarschijnlijkheid een grote hoeveelheid gechlooreerde koolwaterstoffen (trihalomethanen en dergelijke) zal ontstaan. Toepassing van chemische oxydatie ligt derhalve niet voor de hand.

Ozon/UV of ozon/peroxyde

Toepassing van ozon in combinatie met UV of peroxyde ("geavanceerde oxydatie-technieken") staat thans enorm in de belangstelling bij zowel drinkwaterbereiding als grondwatersanering. De sterk-oxydatieve werking van gevormde hydroxyl-radicalen kan in principe effectief en a-selectief organische macroverbindingen (CZV en BZV) en organische micro's afbreken of omzetten. In de praktijk zal deels een volledige omzetting tot CO₂ en H₂O optreden en deels worden organische stoffen naar tussen-producten omgezet. Hierbij kunnen biologisch moeilijk afbreekbare organische stoffen naar biologisch beter afbreekbare stoffen (potentiële omzet van CZV naar BZV) worden omgezet. De mate van afbraak/omzetting zal van factoren afhangen als:

- aard van de te verwijderen stof;
- doses ozon en peroxyde c.q. UV;
- contacttijd;
- waterkwaliteit (met name pH, CO₃ en HCO₃⁻).

De inzet van ozonprocessen lijkt voor de onderhavige problematiek interessant vanuit een aantal oogpunten:

- omzetting/verwijdering van organische micro's;
- potentiële omzetting van moeilijk afbreekbare organische verbindingen (macro-moleculen) tot makkelijker afbreekbare (kleinere) verbindingen;
- omzetting van ammonium naar nitraat.

Het dient te worden opgemerkt, dat voor het gelijktijdig bereiken van bovengenoemde doelstellingen in de praktijk nog maar weinig ervaring voorhanden is. Ozonprocessen worden momenteel voor de verwijdering van organische micro's alleen of verwijdering van specifieke stoffen als cyaniden of fenolen toegepast. De omzetting van ammonium naar nitraat vergt een zeer hoge ozondosering.

Actie koolfiltratie

Actief koolfiltratie wordt veelvuldig als laatste stap in een zuiveringsproces ("polishing stap") voor met name de verwijdering van organische micro's en eventueel metalen toegepast. Om nog tot acceptabele looptijden te komen, is het voor de onderhavige situatie noodzakelijk, dat eerst een vergaande BZV/CZV-verwijdering plaatsvindt. De reden hiervoor is het zeer hoge koolverbruik bij hoge CZV/BZV-concentraties en de kosten die dit met zich meebrengt. Hoewel beladen actief kool in principe regenereerbaar is, wordt doorgaans met actief kool na gebruik in speciale ovens voor WCA-afval uitgebrand.

Luchtstrippen

Toepassing van luchtstrippen is in principe een uitermate geschikte (en tevens "bewezen") techniek voor de verwijdering van vluchtige verbindingen. In verband met het voorkomen van vervuiling in striptorens is verwijdering van zwevende stof en met name ijzer (circa 18 mg/l in het grondwater van de Coupépolder) noodzakelijk. Naast de verwijdering van vluchtige verbindingen is de techniek ook geschikt om ammonium te verwijderen. Hiertoe dient echter de pH tot circa 9,5 te worden verhoogd. Hierbij wordt het opgeloste ammonium in vluchtige ammoniak omgezet. Na het strippen moet de pH weer worden verlaagd. Dit vergt veel chemicaliën en voegt zouten (natrium, chloride of sulfaat) toe aan het behandelde water. Op voorhand is dit niet de meest geschikte techniek voor de verwijdering van ammonium.

Biologische zuivering

Daar waar fysisch/chemisch technieken in het algemeen een verplaatsing van de verontreiniging (omzetting naar vaste (slib)- of luchtfase) tot gevolg hebben, zal biologische zuivering voor een groot deel een daadwerkelijke afbraak bewerkstelligen. Dit geldt dan met name voor organische verbindingen. De mate van afbraak zal afhangen van de aard van de organische stof. Tevens kan met behulp van nitrificatie-denitrificatie-processen stikstof worden verwijderd. Gezien de lozingseisen en een eventuele lozingsheffing is de vergaande verwijdering van CZV/BZV en stikstof (ammonium) noodzakelijk. Toepassing van een biologische processtap lijkt derhalve uiterst interessant in de onderhavige situatie.

Voor zowel de verwijdering van CZV als stikstof is het noodzakelijk, dat er voldoende voedingsbron voor micro-organismen aanwezig is. De biologisch goed afbreekbare fractie van de totale hoeveelheid organisch stof is als BZV uitgedrukt. Derhalve is de CZV/BZV-verhouding van belang voor het verlopen van een biologisch proces. Deze verhouding is voor het op te pompen water hoog. Metingen op het percolaatwater laten een CZV/BZV-verhouding van circa 10 zien. Dat wil zeggen dat dit water moeilijk biologisch is te zuiveren. Deze verhouding duidt op "ouder" percolatiewater. In de stort is het makkelijk afbreekbare BZV al in biogas (CO_2 en CH_4) omgezet. Anaerobe zuivering van percolatiewater biedt alleen perspectief bij "jong" percolatiewater met een lagere CZV/BZV-verhouding (2 - 4).

Ervan uitgaande dat voor het op te pompen water eenzelfde verhouding van 10 geldt, moet worden geconcludeerd dat een vergaande CZV-verwijdering moeizaam is te bereiken. Een eventuele stikstofverwijdering is in principe nog mogelijk. Dan dient echter een grote hoeveelheid voedingsbron (methanol) aan het water te worden toegevoegd.

Ionenwisseling

Ionenwisseling is in principe toepasbaar voor zowel de verwijdering van zware metalen via een selectieve kationwisselaar als voor de verwijdering van chloride via een anionwisselaar. Om vervuiling van de harsen te voorkomen, dient een vergaande voorzuivering plaats te vinden. Behalve chloride zal de anionwisselaar ook andere anionen als sulfaat en nitraat afvangen, waardoor naar verwachting korte looptijden zullen ontstaan. De ionenwisselaars dienen periodiek met zuren en basen te worden geregenereerd. De afvalstroom met geconcentreerde verontreiniging (concentraatstroom of "brijn") dient apart te worden opgevangen en verwerkt. Gezien bovenstaande en de noodzaak tot toepassing van aanvullende zuivering van stoffen die niet worden verwijderd, lijkt ionenwisseling niet voor de hand te liggen.

Membraanprocessen

Membraanprocessen als ultrafiltratie en hyperfiltratie (omgekeerde osmose) worden incidenteel reeds bij de behandeling van verontreinigd grondwater of percolaatwater van stortplaatsen toegepast. Membraanprocessen onderscheiden zich onderling in toegepaste druk, type membraan, deeltjesgrootte welke nog wordt verwijderd en dergelijke.

Ultrafiltratie

Ultrafiltratie wordt bij een druk van circa 5 bar toegepast en verwijdert colloïden en macromoleculen met een molecuulgewicht van groter dan 10.000 tot 100.000. Zouten (chloride) en organische micro's worden niet of nauwelijks verwijderd. Derhalve is toepassing van ultrafiltratie niet relevant voor deze situatie.

Hyperfiltratie

Hyperfiltratie wordt bij drukken van 20 tot 60 bar toegepast en verwijdert vergaand zouten als chloride en organische stoffen en verontreinigingen met een molecuulgewicht van groter dan 100. Toepassing van hyperfiltratie lijkt derhalve een zuiveringstechniek die voor vrijwel alle te verwijderen stoffen van toepassing is. Hyperfiltratie is naast ionenwisseling en electro-dialyse ook de enige techniek die voor de verwijdering van chloride kan worden ingezet. Echter, aan de toepassing van hyperfiltratie/omgekeerde osmose zit een aantal beperkingen:

- in de praktijk blijkt, dat afhankelijk van de te behandelen vloeistof, in meer of mindere mate membraanvervuiling kan ontstaan, hetgeen een moeizame operatie en onderhoud (en dus kostbaar) tot gevolg kan hebben. Het dient te worden opgemerkt, dat er nog steeds een voortgaande ontwikkeling en verbetering van membranen plaatsvindt. In het algemeen wordt altijd eerst met proefinstallaties gewerkt om tot optimale membraankeuze en procescondities te komen;
- membraanprocessen verwijderen stoffen uit een hoofdstroom en leveren een schone permeaatstroom op. De verontreinigingen worden geconcentreerd in een concentraatstroom ("brijn") afgescheiden. Bij toepassing van hyperfiltratie kan deze brijn circa 20 - 25% van de invoerstroom bedragen. Toepassing van hyperfiltratie levert derhalve een aanzienlijke afvalstroom op, welke behandeld, dan wel moet worden geloosd. Hierbij kan aan indampen of herinfiltratie in de stort onder gecontroleerde omstandigheden worden gedacht.

Electrodialyse

Ook electro dialyse is een membraanproces, waarbij echter in tegenstelling tot membraanfiltratie, ionen van een minder geconcentreerde naar een meer geconcentreerde oplossing worden gebracht, dit als resultaat van het genereren van een elektrische stroom.

De membranen zijn ion-selectief. Met behulp van deze techniek kan dus specifiek ammonium, nitraat of chloride worden verwijderd. Dit impliceert dat verschillende membranen nodig zijn. In de praktijk wordt de techniek om drinkwater te produceren uit brakwater (chloride-verwijdering) toegepast. Voor de onderhavige toepassing lijkt deze techniek niet de meest geschikte.

Bijlage 2

Simulatie grondwaterstroming

SIMULATIE GRONDWATERSTROMING

1. BESCHRIJVING NUMERIEK MODEL

Voor de modellering van de grondwaterstroming in de Coupépolder en de directe omgeving ervan, is van de programma's TRIWACO en TRACE gebruik gemaakt.

TRIWACO is een door IWACO B.V. ontwikkeld programma voor het berekenen van de grondwaterstroming, gebaseerd op de eindige elementenmethode. Er kan stationair en instationair in een meerlagensysteem worden gerekend. Het pakket is met een aantal zogenaamde topsystemen voor het verdisconteren van neerslag, sloten (diverse drainagepatronen) en onverzadigde zones uitgerust. Met het programma TRACE kunnen stroombanen en verblijftijden worden berekend, gebaseerd op de door TRIWACO berekende grondwaterstroming.

In onderhavig onderzoek beslaat het modelgebied een oppervlakte van 11 x 11 km. Voor berekeningen is dit gebied onderverdeeld in 2.890 driehoekige deelgebiedjes, elementen genaamd. Voor de onderverdeling is van 3 verschillende netwerken (zie figuur 4) gebruik gemaakt. Het eerste, grofmazige netwerk bestrijkt het volledige modelgebied en heeft een maximale knooppuntsafstand van 750 meter. Midden in dit gebied is een fijner netwerk gelegd (oppervlakte 5 x 5 km, maximale knooppuntsafstand 250 meter) met daarbinnen een zeer fijn netwerk (oppervlakte 2 x 2 km, maximale knooppuntsafstand 100 meter). Midden in laatstgenoemd netwerk ligt de Coupépolder (figuur 5).

Voor de modellering is de bodemopbouw geschematiseerd, zoals in figuur 11 is weergegeven en in paragraaf 2.3.2 is beschreven. De waterlopen die in het model zijn ingevoerd, zijn:

- de Oude Rijn;
- de Gouwe/het Aarkanaal;
- de Kromme Aar;
- de Woud/Heymans Watering;
- de Schoutenvaart;
- de Rijnhaven zuid en west;
- de Zeegerplas.

Voor ieder van deze waterlopen is de breedte, het waterpeil, de drainageweerstand en de infiltratieweerstand van de waterloop ingevoerd.

Om de verschillen in oppervlaktewaterhuishouding van afzonderlijke eenheden binnen het modelgebied in te kunnen voeren, is het gebied in de volgende eenheden onderverdeeld:

- Riethoornse polder;
- Alpherpolder;
- Alphen aan den Rijn;
- Binnenpolder;
- Polder Streekt;
- Zuid- en Noordeinder polder;
- Drooggemaakte polders - zuid;
- Drooggemaakte polders - noord;
- Zeegerplas;
- Coupépolder;
- Polder Oudshoorn;
- Opgespoten gebied ten noordoosten van Alphen aan den Rijn;
- Polder Gnephoek;
- Hogenwaardse polder;
- Lagenwaardse polder;
- Polder Oudendijk en Vrouwgeest;
- Polder Vierambacht;
- Ver. Blokl. en Kort. polder - afd. 1;
- Ver. Blokl. en Kort. polder - afd. 4;
- Ver. Blokl. en Kort. polder - afd. 2 en 3;
- Polder Nieuwkoop;
- Polder Nieuwkoop en noorden;
- Meyepolder;
- Noordzijderpolder;
- Uiteindsche en Middelpolder.

Voor ieder van deze eenheden is ingevoerd:

- type topsysteem (bijvoorbeeld "polder met vast peil, neerslag en verschillend infiltratie-/ drainagesysteem);
- polderpeil;
- nuttig neerslag;
- drainageweerstand;
- infiltratieweerstand;
- verticale weerstand.

De grondwateronttrekking van Alphen aan den Rijn is eveneens in het model ingevoerd.

Aan op de randen van het modelgebied gelegen knooppunten, zijn voor zowel het eerste als het tweede watervoerend pakket op basis van TNO/DGV-gegevens stijghoogten toegekend.

2. IJKING MODEL

Het hiervoor beschreven model is op regionale schaal geijkt door de berekende stijghoogteverdeling binnen het modelgebied in het eerste en tweede watervoerend pakket met de gemeten stijghoogteverdeling van TNO/DGV te vergelijken. Een tweede, zeer grove, controle is uitgevoerd door de bemalingsgegevens van de polders met de berekende waarden te vergelijken. Een moeilijkheid hierbij, is dat de uitgeslagen hoeveelheden water van de respectievelijke polders wel bekend zijn, maar de ingelaten hoeveelheden niet. Rondvraag langs de waterschappen leverde als grove schatting op, dat het ingelaten volume circa 20% van het uitgeslagen volume bedraagt. De aan het ICW ontleende waarde voor de hydraulische weerstand van de holocene deklaag (4.000 dagen), bleek te voldoen aan beide criteria (TNO/DGV-gegevens betreffende stijghoogteverdeling en bemalingsgegevens van de polders).

Op lokale schaal is het model geijkt door de berekende waarden voor de freatische stijghoogte te vergelijken met de in peilbuizen gemeten waarden. Uit deze ijking kwam naar voren, dat het C-waardecontract tussen het noordelijk- en zuidelijk deel van de stort geringer was dan gedacht. Mogelijke redenen hiervoor zijn de in het noordelijk deel van de Coupépolder gestorte (kunstmatige) klei en de aanwezigheid van een overgangslaag met een hoge hydraulische weerstand, gelegen tussen stortmateriaal en onderliggende natuurlijke afzettingen (zie ook paragraaf 2.3.3). Uit de ijking op lokale schaal bleek, dat een totale C-waarde van 3.000 dagen voor het deel van de stort, waar zich de geulafzettingen bevinden, het best met de veldgegevens in overeenstemming is. In figuur 6 t/m 10 zijn de berekende stijghoogten in het eerste watervoerend pakket en het freatische pakket voor de uitgangssituatie en voor een onttrekking langs de Kromme Aar van 50 m³/uur weergegeven.

Bijlage 3

Investeringskosten bovenafdeling

INVESTERINGSKOSTEN BOVENAFDICHTING

UITGANGSPUNTEN

Indien door de ontwijking van gassen uit de stort onacceptabele risico's voor de volksgezondheid dreigen te ontstaan, wordt aanbevolen om een bovenafdichting (variant 15) op de Coupépolder aan te brengen. Uitvoeringstechnisch sluit een bovenafdichting zonder problemen aan op de getroffen beheersmaatregelen voor de taluds en de in de toekomst te treffen beheersmaatregelen voor het diepe grondwater (variant 13).

Bij het ramen van de investeringskosten van het aanbrengen van een totale afdeklaag op de afvalberging Coupépolder zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

Algemeen

- oppervlak 20 ha;
- vorm stortlichaam acceptabel bij het aanbrengen van gemiddeld 50 cm steunzand per m²;
- aansluitend bij taludafdichting;
- prijspeil 1991, exclusief omzetbelasting;
- effect van zettingen niet speciaal verdisconteerd.

Afdeklaag

- afdichtingslaag: zand-bentoniet;
- vegetatie worteldiepte maximaal 50 - 75 cm;
- ongezuiverde lozing neerslagoverschot op oppervlaktewater;
- afstand drains 20 m (opbolling maximaal 25 cm)
- dikte lagen:

* teelaarde	75 cm
* drainage	25 cm
* zand/bentoniet	25 cm
* steunlaag	50 cm

Ontgassing

- bereik ontgassingsput (0,8 ha: straal \pm 50 m);
- potentiële stortgasproductie \pm 700 Nm³/ton afbreekbaar organisch materiaal;
- stortlichaam 10% organisch afbreekbaar materiaal;
- fakkel voldoet aan Duitse normen;
- kosten KWh f 0,25.

KOSTENRAMING**Investeringskosten**

De investeringskosten worden uit de volgende kostenposten opgebouwd:

Afdeklaag	f 13.600.000,--
Drainagesysteem	f 1.365.000,--
Ontgassingssysteem	f 2.120.000,--
Afwerking	f 3.345.000,--

Totaal f 21.030.000,--

Exclusief omzetbelasting, prijspeil 1992

Exploitatiekosten

Schatting jaarlijkse exploitatiekosten in verband met ontgassing en affakkeling: f 25.000,--.

Bijlage 4

Waardering toetsingscriteria beheersmaatregelen

WAARDERING TOETSINGSCRITEIA BEHEERSMAATREGELEN

1. Monitoorbaarheid

waardering

1	↓ grondwaterstroming regelmatiger	0 - 10%
2		10 - 20%
3		20 - 30%
4		30 - 40%
5		40 - 50%
6		50 - 60%
7		60 - 70%
8		70 - 80%
9		80 - 90%
10		90 - 100%

geschatte trefkans voor een
emissie bij een gelijk aantal
monitoringpunten per eenheid
van doorstroomd oppervlakte

2. Uitvoerbaarheid

waardering

1	↑ minder praktijk- ervaring, meer uitvoeringsrisico's	→	meer doorboringen in en door stortmateriaal.
2			
3]	relatief weinig praktijk- ervaring en moeilijk inschatbare risico's
4			
5		→	naarmate er meer buiten de eigenlijke stort wordt gewerkt
6			
7			
8			
9			
10			

3. Effect op ringdrainage

waardering

- 1 debiet tot circa 80% hoger
- 2 debiet tot circa 60% hoger
- 3 debiet tot circa 40% hoger
- 4 debiet tot circa 20% hoger
- 5 gelijkblijvend ringdrainage debiet
- 6 debiet tot circa 20% lager
- 7 debiet tot circa 40% lager
- 8 debiet tot circa 60% lager
- 9 debiet tot circa 80% lager
- 10 debiet meer dan 80% lager

4. Bestuurlijke zorg

waardering

- 1 ↑
- 2 ↑
- 3 ↑
- 4 ↑ toename bestuurlijke zorg
- 5 ↑
- 6 ↑
- 7] bestuurlijke zorg blijft ongewijzigd
- 8]
- 9] minder bestuurlijke zorg
- 10] geen bestuurlijke zorg

5. Maatschappelijke effecten

waardering

1	}	zeer veel negatieve effecten
2		
3	}	veel negatieve effecten
4		
5	}	weinig negatieve effecten
6		
7	}	ongewijzigd
8		
9	}	positieve effecten
10		

Effecten: hinder, overlast, afname gebruiksfuncties, risico-acceptatie, psycho-sociale consequenties

Gezien de directheid van de effecten op de gebruiksfunctie van de lokatie (met name tijdens de uitvoerings- en exploitatiekosten van de beheersmaatregelen) zijn deze voor circa 80% meegewogen in tot totale maatschappelijk effect.

6. Restrisico's (milieukundig/volksgezondheid)

waardering

1	> 80%
2	70 - 80 %
3	60 - 70 %
4	50 - 60 %
5	40 - 50 %
6	30 - 40 %
7	20 - 30 %
8	10 - 20 %
9	< 10 %
10	0 %

De restrisico's worden bepaald door het feit dat ongecontroleerde emissies vanuit de stort (naar het diepe grondwater) kunnen blijven plaatsvinden

7. Flexibiliteit

waardering

1]	niet flexibel
2		
3]	weinig flexibel
4		
5		
6]	flexibel
7		
8]	zeer flexibel
9		
10		

8. Kosten (contante waarde)

waardering

1	<i>f</i>	1000	-	2000 miljoen
2	<i>f</i>	500	-	1000 miljoen
3	<i>f</i>	100	-	500 miljoen
6	<i>f</i>	80	-	100 miljoen
7	<i>f</i>	60	-	80 miljoen
8	<i>f</i>	40	-	60 miljoen
9	<i>f</i>	20	-	40 miljoen
10	<i>f</i>	0	-	20 miljoen

Bijlage 5

Relatie kosten en tijdsduur waarna een beheersvariant wordt gestart

RELATIE KOSTEN EN TIJDSDUUR WAARNA EEN BEHEERSVARIANT WORDT GESTORT

Voor variant 13 en 15 is in onderstaande tabel weergegeven wat de relatie is tussen de kosten en de tijdsduur waarna een beheersvariant wordt gestort.

Uitvoeringstechnisch sluiten beide varianten zonder problemen op elkaar aan. Een consequentie van beheersvariant 15 is, dat het debiet van de te onttrekken hoeveelheid diep grondwater op termijn afneemt van 70 m³/uur tot 40 m³/uur.

	Beheersvariant 13		Beheersvariant 15	
	contante waarde*	exploitatiekosten**	contante waarde*	exploitatiekosten**
direct starten (0 jaar)	58,5	2,6	65,5	1,9
na 10 jaar starten	48,7	2,1	58,1	1,5
na 20 jaar starten	37,9	1,6	50,1	1,1

* in miljoenen guldens, periode 50 jaar

** in miljoenen guldens: verdisconteerd over 50 jaar, effectieve rente 5%

Bij deze berekeningen is als uitgangspunt gehanteerd dat de totale investering op t = 0 jaar (per direct) wordt gedaan. De herinvestering vindt plaats 25 jaar na start van de beheersmaatregel.

Bijlage 6

Immobilisatie

IMMOBILISATIE

ALGEMEEN

Onder immobilisatie wordt doorgaans verstaan het chemisch en/of fysisch vastleggen van verontreinigingen, zodanig dat een veilige opslag en verwerking van de afvalstof mogelijk is. Dit betekent dat de afvalstof altijd in meer in minder vaste vorm wordt gebracht. Het hoofdbestanddeel bij immobilisatie vormen dan ook de bindmiddelen. Daarnaast kunnen additieven en eventueel extra toeslagstoffen worden toegevoegd. Additieven worden toegevoegd met het oogmerk meer mobiele verontreinigingen, zoals bij voorbeeld organische componenten, vast te leggen. Per soort verontreiniging wordt bekeken welke toeslagstoffen benodigd zijn. Ook kunnen additieven worden gebruikt om de reactie van cement met water positief te beïnvloeden. Tenslotte kunnen toeslagstoffen vereist zijn om de verwerkbaarheid van het mengsel te verbeteren. Immobilisatietechnieken op basis van cement of cementachtige stoffen zijn het meest gangbaar en worden op grote schaal in veel landen commercieel toegepast.

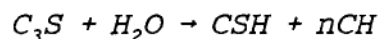
IMMOBILISATIE OP BASIS VAN CEMENT

Het gebruik van cement en cement-achtige stoffen heeft tweeërlei effecten:

1. de vorming van een steenachtige, water onoplosbare matrix (monoliet);
2. een chemische interactie met de verontreiniging (met name metalen).

Ad 1.

Cement bestaat onder meer uit tricalciumsilicaat (C_3S), dat met water reageert tot calciumsilicaathydraat (CSH). Het CSH vormt het eigenlijke bindmiddel. Bij deze hydratatiereactie komt calciumhydroxide vrij, vervolgens onderstaande reactie:



waarin:

C_3S	= (tri)calciumsilicaat
H_2O	= water
CSH	= calciumsilicaathydraat
CH	= calciumhydroxide

Naarmate het mengsel van cement, water en toeslagstoffen ouder wordt, worden de poriën kleiner en neemt de druksterkte toe.

Ad 2.

Over het mechanisme van de chemische interactie van verontreinigingen met de cementmatrix bestaat nog onduidelijkheid. Vast staat wel dat diverse zware metalen in een vrijwel onoplosbare vorm kunnen worden gebracht. Een aantal processen is hiervoor verantwoordelijk:

- vorming metaalhydroxides;
- vorming van metaalcarbonaten en -sulfaten;
- inbedding in de calciumsilicaathydraatgel.

Op basis van het voorafgaande kan worden geconcludeerd, dat de cementmatrix met het oog op immobilisatie een aantal gunstige eigenschappen bezit, omdat:

- het milieu alkalisch is;
- de buffercapaciteit hoog is (onder meer door de vorming van $\text{Ca}(\text{OH})_2$);
- de matrix vrijwel onoplosbaar is en vrije poriën heeft;
- het oppervlak reactief is (CSH-gel).

Doordat cement chemisch water bindt, leidt immobilisatie onvermijdelijk tot een zekere volumevermeerdering, die groter is dan op basis van de cementtoevoeging mag worden verwacht. Afhankelijk van het cementpercentage kan deze tot enkele procenten oplopen.

CHEMISCHE EIGENSCHAPPEN: VASTLEGGEND VERMOGEN**Anorganische componenten**

In de afgelopen 10 jaar is intensief onderzoek naar het vastleggend of bindend vermogen van de cementmatrix voor zware metalen verricht. In de meeste gevallen is met afvalstoffen of synthetisch vervaardigde oplossingen en slibben met extreem hoge concentraties gewerkt. Hoewel een onderlinge vergelijking van deze onderzoeksresultaten veelal wordt bemoeilijkt, doordat de uitloging is onderzocht onder verschillende laboratoriumcondities, is het algemene beeld dat met de gangbare bindmiddelen, anionogene metalen en arseen minder goed in de cementmatrix worden vastgelegd dan kationogene metalen.

Organische componenten

Voor het vastleggen/binden van organische componenten zijn additieven in de vorm van gemodificeerde kleimineralen ontwikkeld. De methode berust op een (chemische) fixatie van de organische verbindingen.


FIGUREN

Figuur 1

LEGENDA:


→ grondwaterstroomrichting

 klei

 geulafzettingen

| — afdichting/scherf

----- grondwaterspiegel

 pompput met filter

⊙ drain

Oprachtgever

Provincie Zuid Holland, afdeling Bodemsanering

Project

Beheersmaatregelen fase 1
Coupepolder

Omschrijving

Schematische dwarsdoorsneden beheersvarianten

Getekend

L.Be

Figuurnummer

1

Gezien

M.B.

Datum

10-91

Tekeningnummer

2485

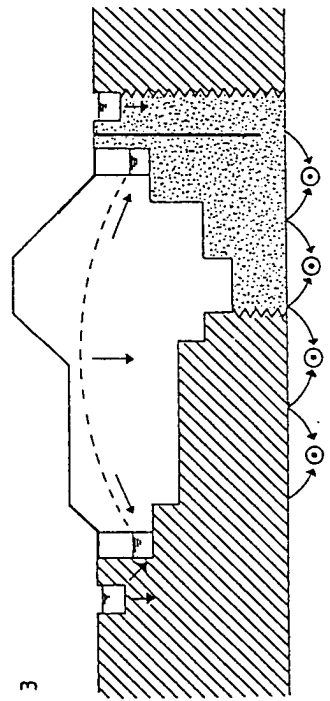
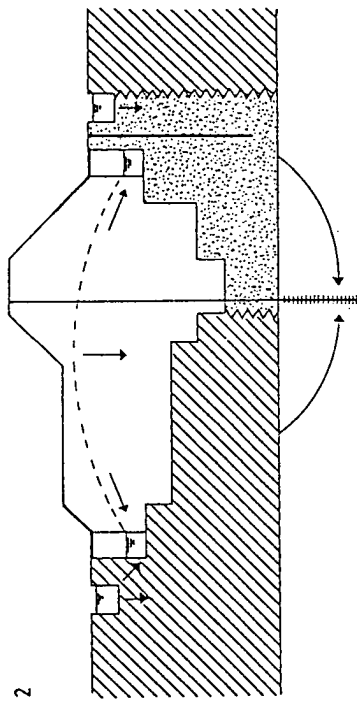
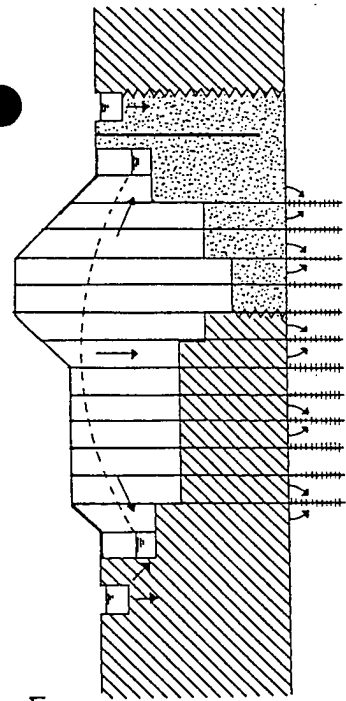
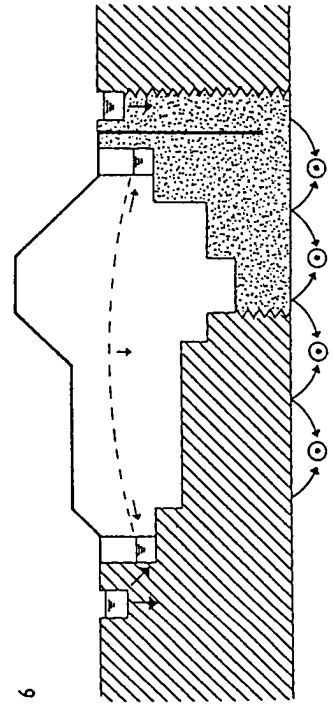
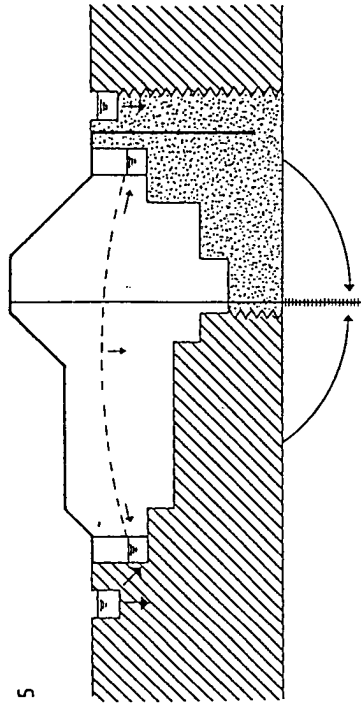
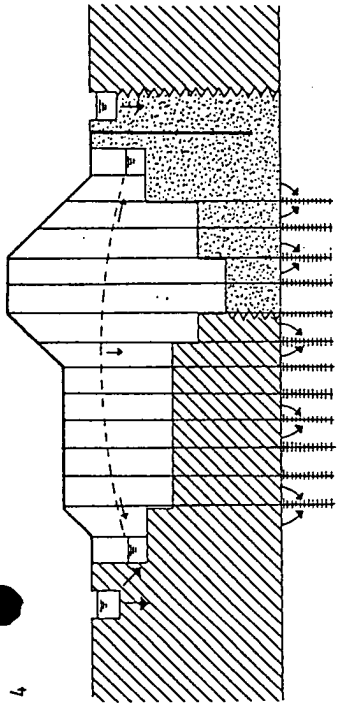
IWACO

Adviesbureau voor water en milieu

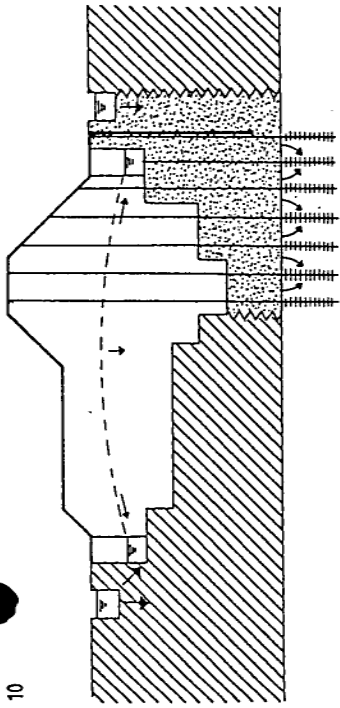
Postbus 183, 3000 AD Rotterdam

Schiekade 189, Rotterdam

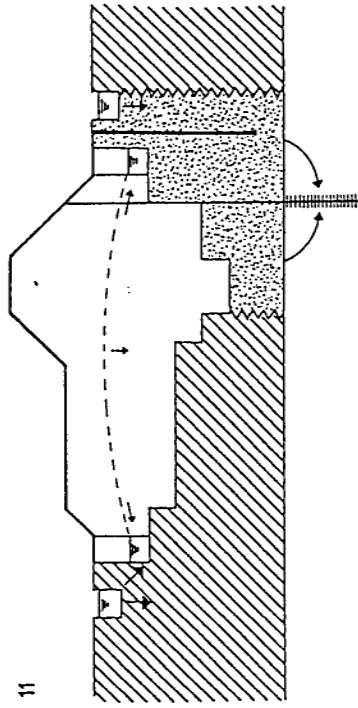
Telefoon (010) 4.241.641



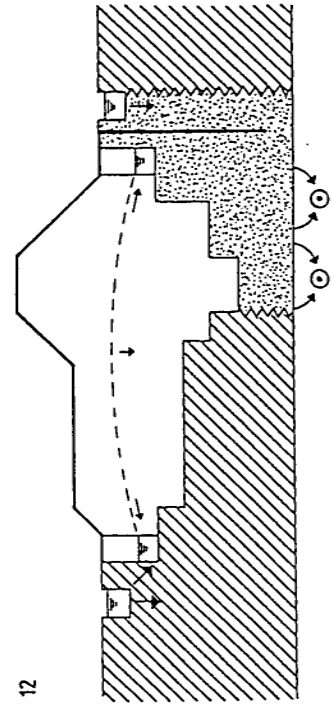




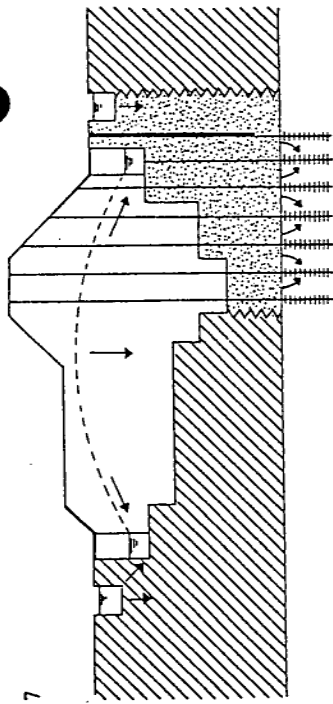
10



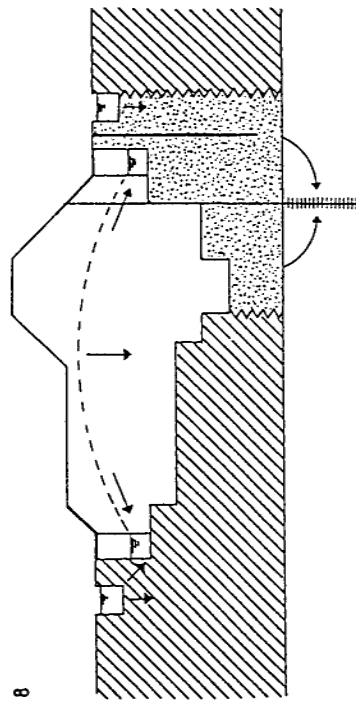
11



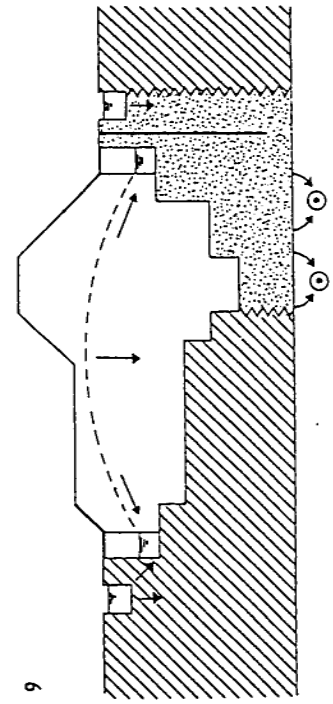
12



7



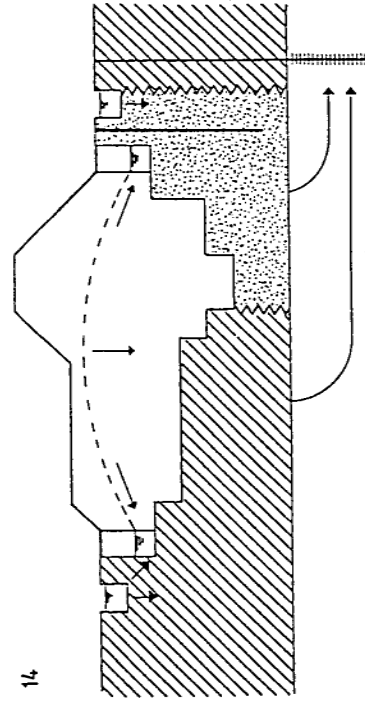
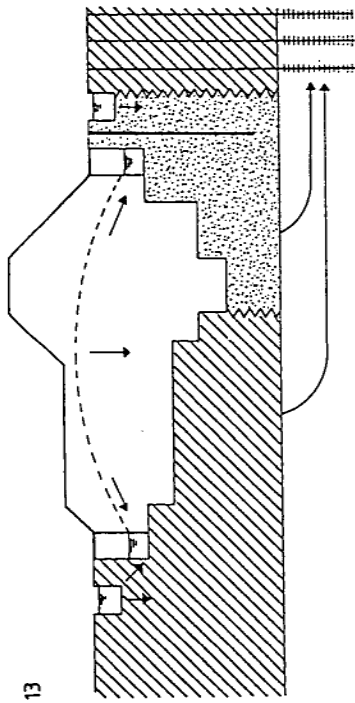
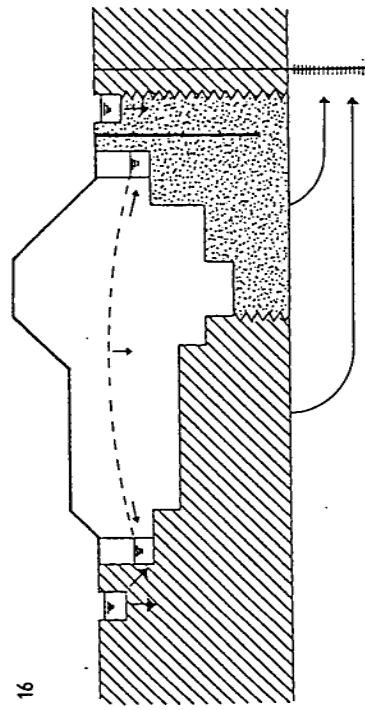
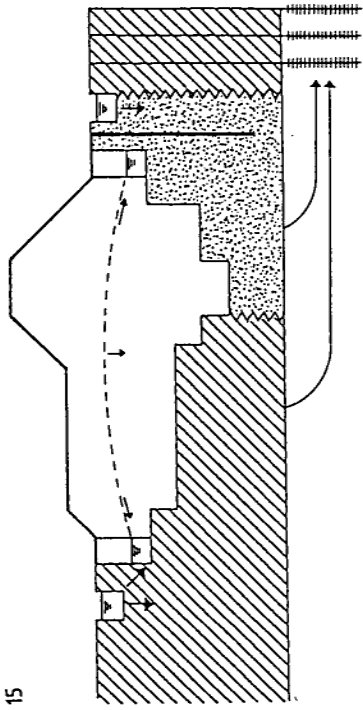
8



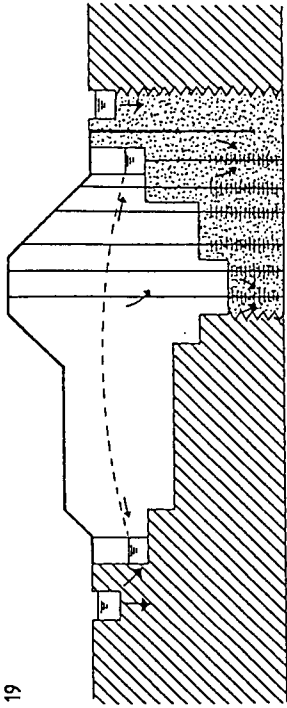
9



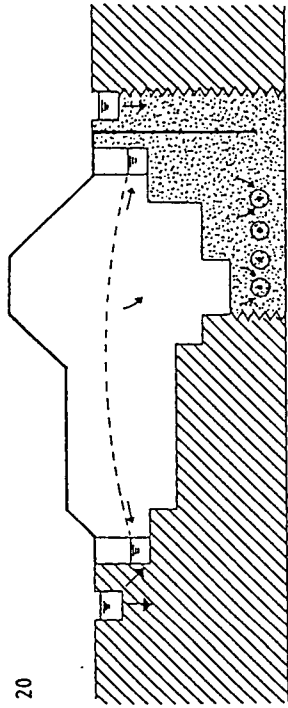




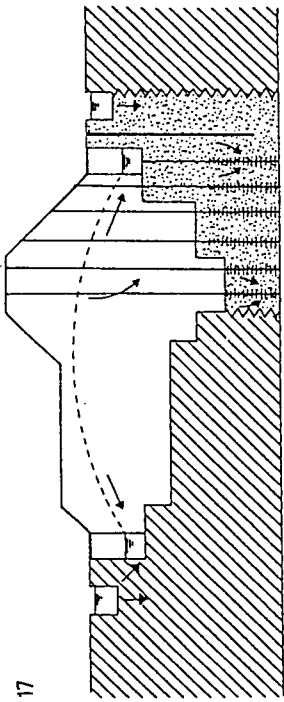




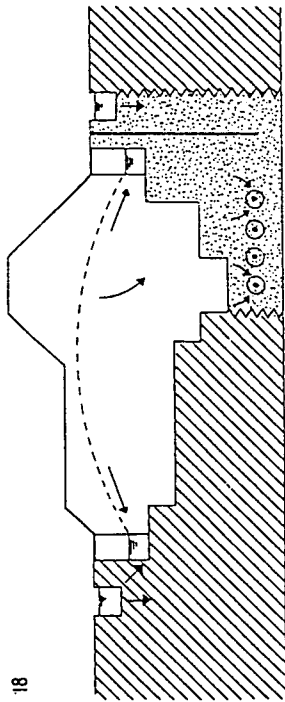
19



20

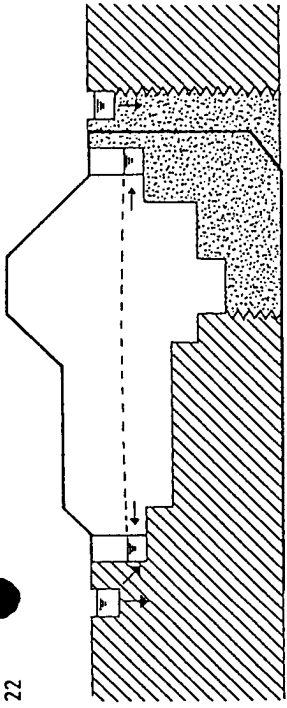


17

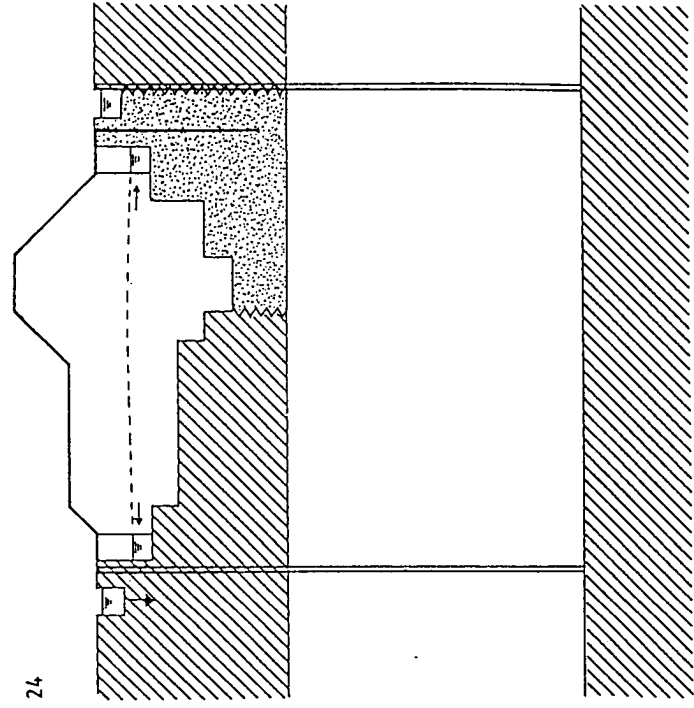


18

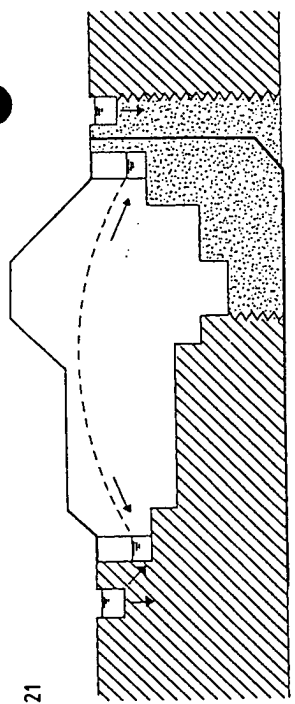




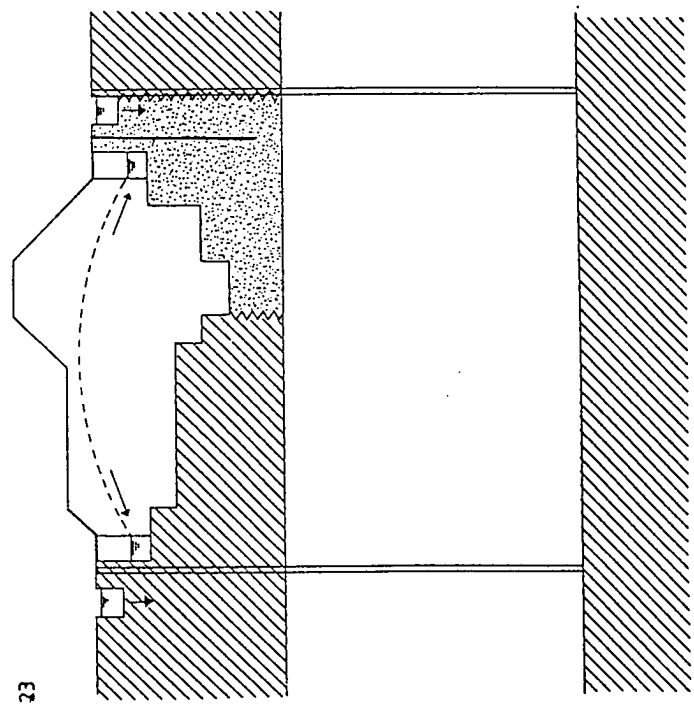
22



24



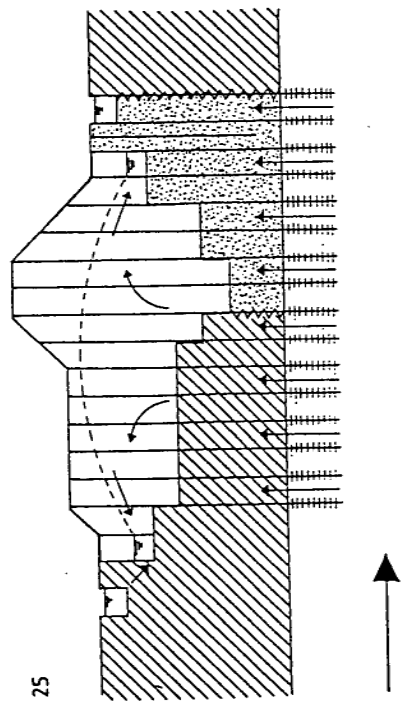
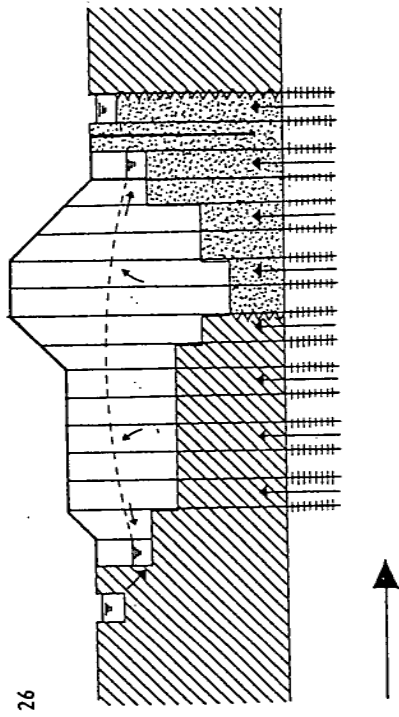
21



23

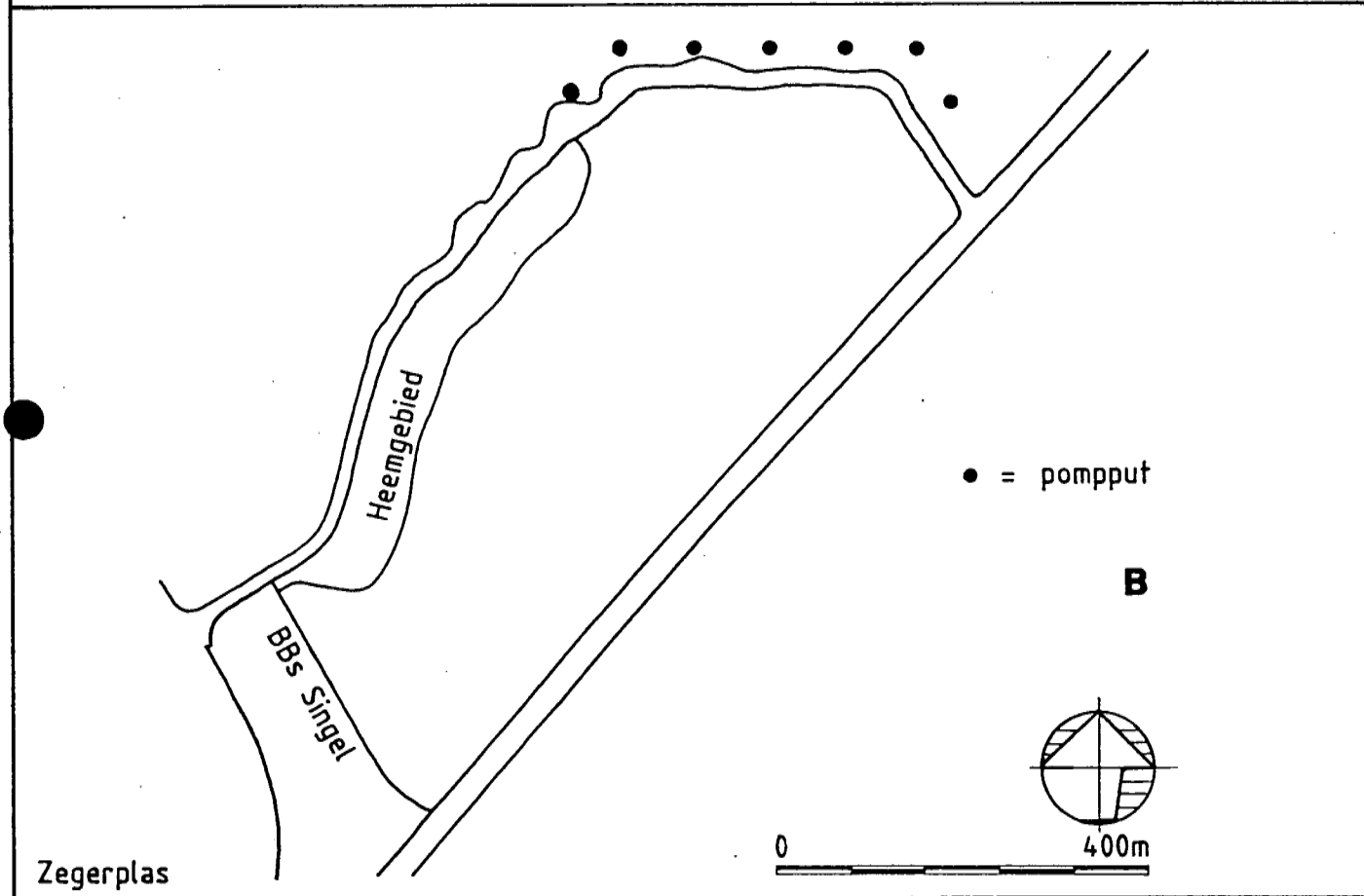
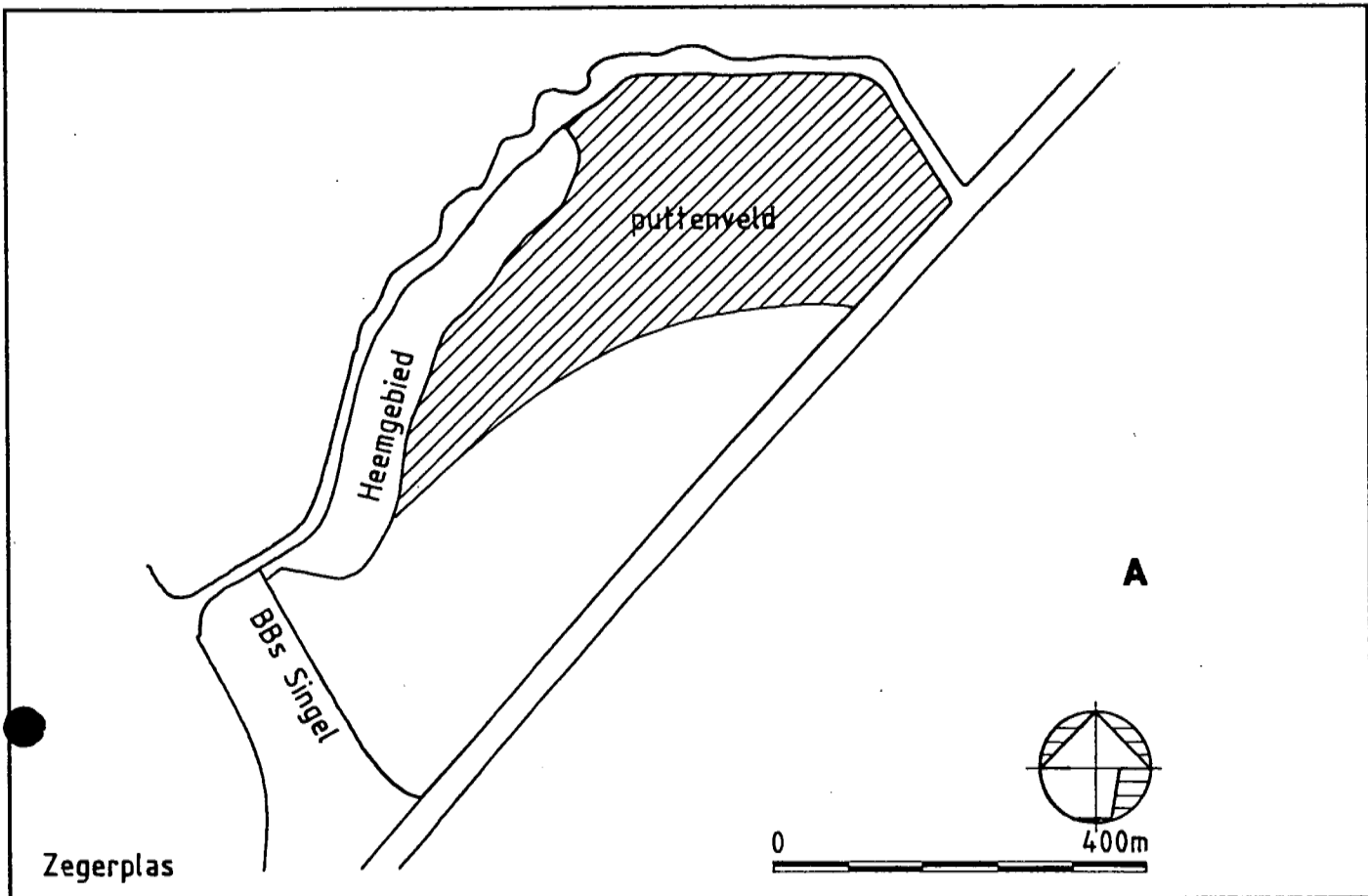








Figuur 2



Opdrachtgever

Provincie Zuid Holland, afdeling Bodemsanering

Project

Onderzoek beheersmaatregelen Coupepolder
Fase 1

Getekend

L.Be

Figuurnummer

2

Gezien

M.B.

Datum

10-91

Tekeningnummer

2485

IWACO

Adviesbureau voor water en milieu

Postbus 183, 3000 AD Rotterdam

Schiekade 189, Rotterdam

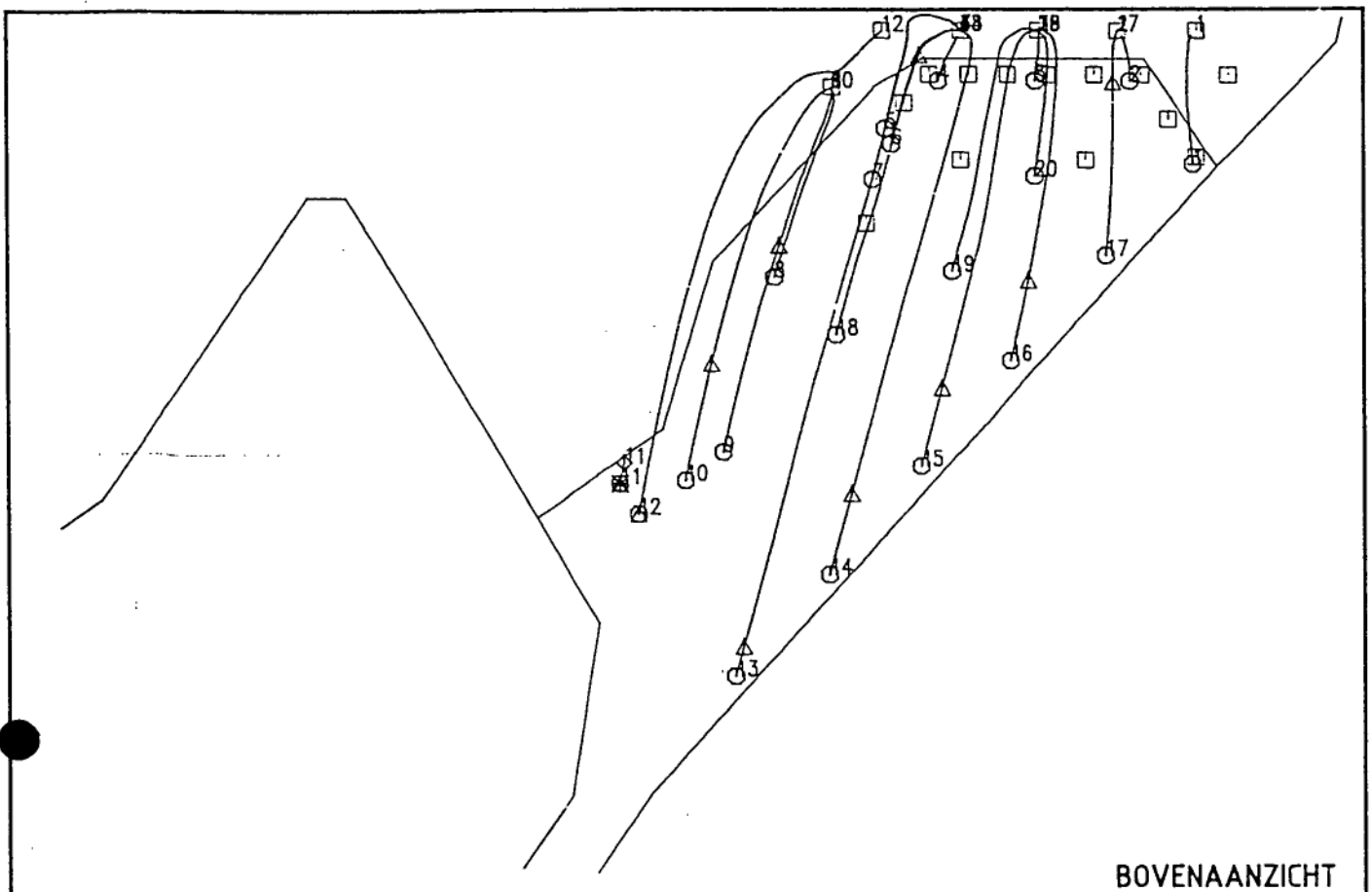
Telefoon (010) 4.241.641

Omschrijving A: ligging puttenveld bij bemaling geulafzettingen

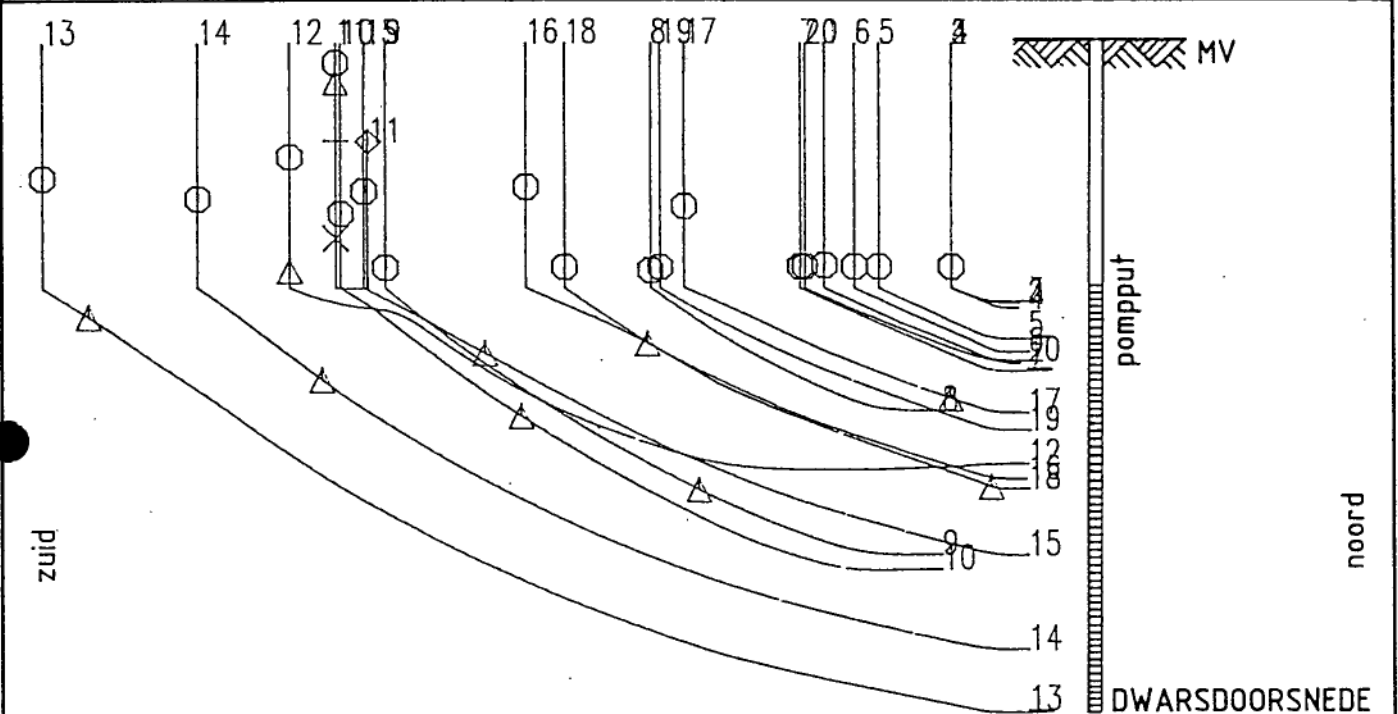
B: ligging putten bij bemaling stroomafwaarts



Figuur 3



BOVENAANZICHT



DWARSDOORSNEDE

- LEGENDA:
- = 10 jaar
 - × = 100 jaar
 - △ = 20 jaar
 - ◇ = 200 jaar
 - + = 50 jaar

SYSTEEM: 7 putten stroomafwaarts van stort. (totaaldebiet: 50 m³/uur)

Oprachtgever
Provincie Zuid Holland, afdeling Bodemsanering
 Project
Onderzoek beheersmaatregelen Coupepolder
 Fase 1

Getekend
L.Be
 Figuurnummer
3

Gezien
M.B.
 Datum
10-91

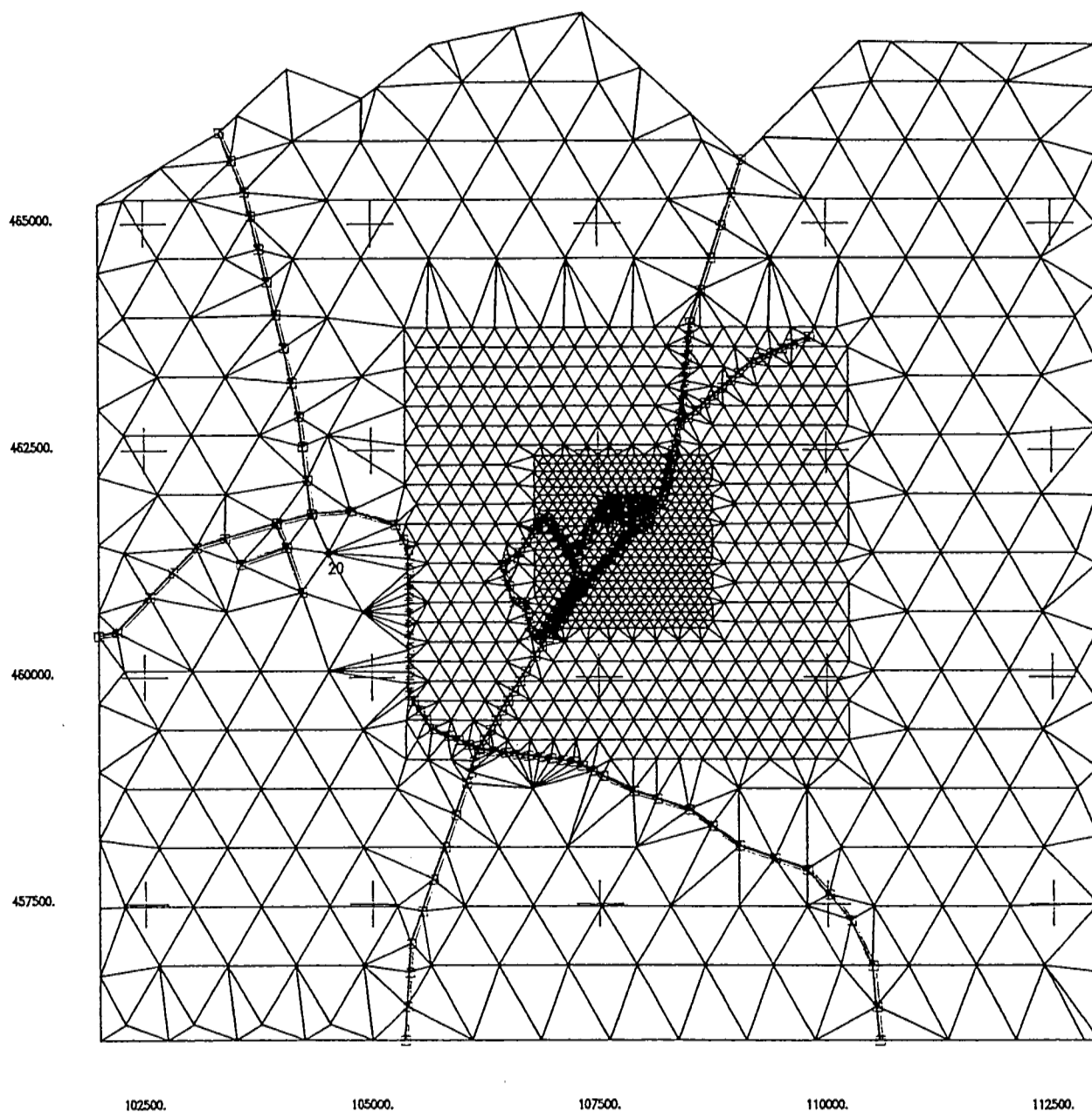
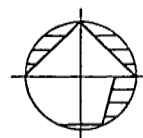
IWACO
 Adviesbureau voor water en milieu
 Postbus 183, 3000 AD Rotterdam
 Schiekade 189, Rotterdam
 Telefoon (010) 4.241.641

Omschrijving **bovenaanzicht en dwarsdoorsnede grondwater-
 stroompatroon bij bemaling stroomafwaarts stort**

Tekeningnummer
2485

Figuur 4

**Netwerk ten behoeve van numerieke modellering grondwaterstroming,
regionaal overzicht**



Oprachtgever

Provincie Z-Holland, afd. Bodemsanering

Project

Onderzoek monitoring en beheersmaatregelen
stort Coupépolder, Alphen a/d Rijn
Fase 1

Omschrijving **Netwerk ten behoeve van numerieke modellering
grondwaterstroming, regionaal overzicht.**

Getekend

P.B.

Figuurnummer

4

Gezien

P.Bl.

Datum

12-'91

Tekeningnummer

1024850-001

IWACO

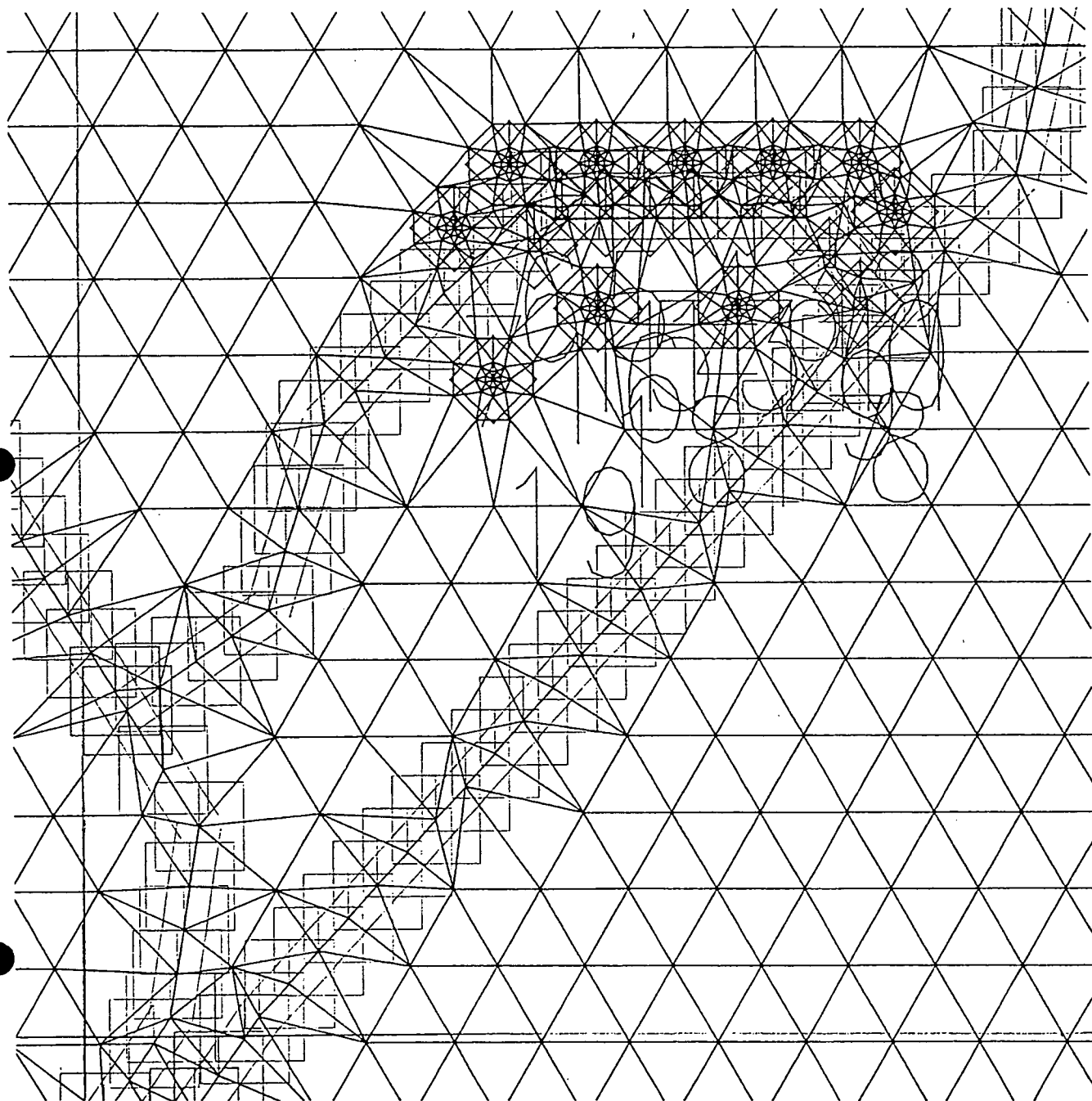
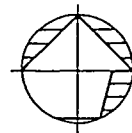
Adviesbureau voor water en milieu

Postbus 183, 3000 AD Rotterdam
Schiekade 189, Rotterdam
Telefoon (010) 4.241.641

0  3km

Figuur 5

**Netwerk ten behoeve van numerieke modellering grondwaterstroming,
lokaal netwerk omgeving Coupépolder**



0 250m

Opdrachtgever

Provincie Z-Holland, afd. Bodemsanering

Project

Onderzoek monitoring en beheersmaatregelen
stort Coupépolder, Alphen a/d Rijn

Fase 1

Omschrijving Netwerk t.b.v. numerieke modellering grondwater-
stroming - lokaal netwerk omgeving Coupépolder

Getekend

P.B.

Figuurnummer

5

Gezien

P.Bl.

Datum

12-'91

Tekeningnummer

1024850-001

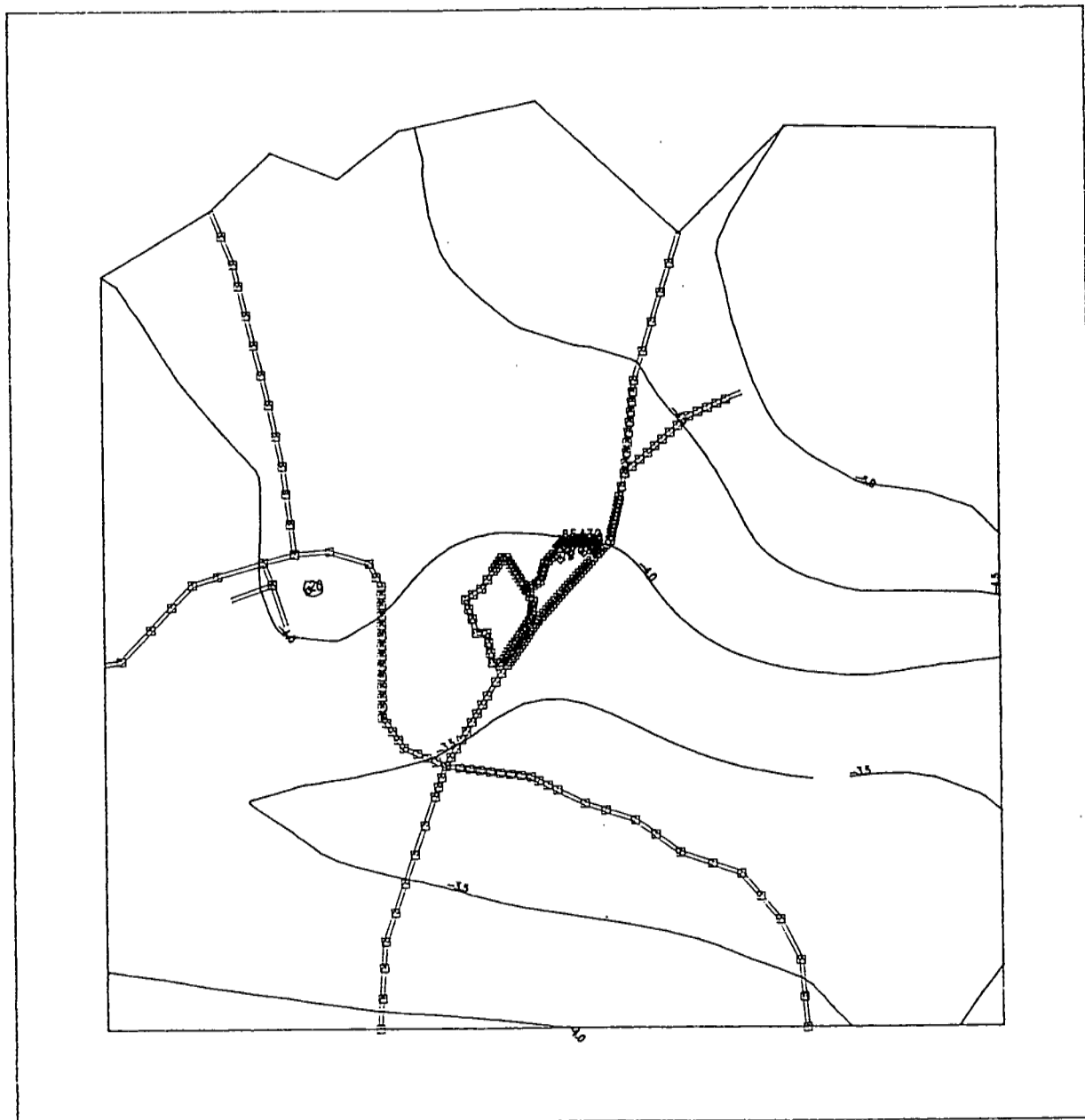
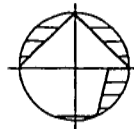
IWACO

Adviesbureau voor water en milieu

Postbus 183, 3000 AD Rotterdam
Schiekade 189, Rotterdam
Telefoon (010) 4.241.641

Figuur 6

Stijghoogten eerste watervoerend pakket, uitgangssituatie



Opdrachtgever

Provincie Z-Holland, afd. Bodemsanering

Project

Onderzoek monitoring en beheersmaatregelen
stort Coupépolder, Alphen a/d Rijn
Fase 1

Omschrijving Stijghoogten eerste watervoerend pakket
uitgangssituatie

Getekend

P.B.

Figuurnummer

6

Gezien

P.Bl.

Datum

12-'91

Tekeningnummer

1024850-001

IWACO

Adviesbureau voor water en milieu

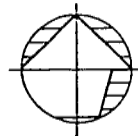
Postbus 183, 3000 AD Rotterdam

Schiekade 189, Rotterdam

Telefoon (010) 4.241.641

Figuur 7

Stijghoogten eerste watervoerend pakket, uitgangssituatie



0 3km

Opdrachtgever

Provincie Z-Holland, afd. Bodemsanering

Project

Onderzoek monitoring en beheersmaatregelen
stort Coupépolder, Alphen a/d Rijn
Fase 1

Omschrijving Stijghoogten eerste watervoerend pakket bij
onttrekking van 50 m³/h - regionaal beeld

Getekend

P.B.

Figuurnummer

7

Gezien

P.B.I.

Datum

12-'91

Tekeningnummer

1024850-001

IWACO

Adviesbureau voor water en milieu

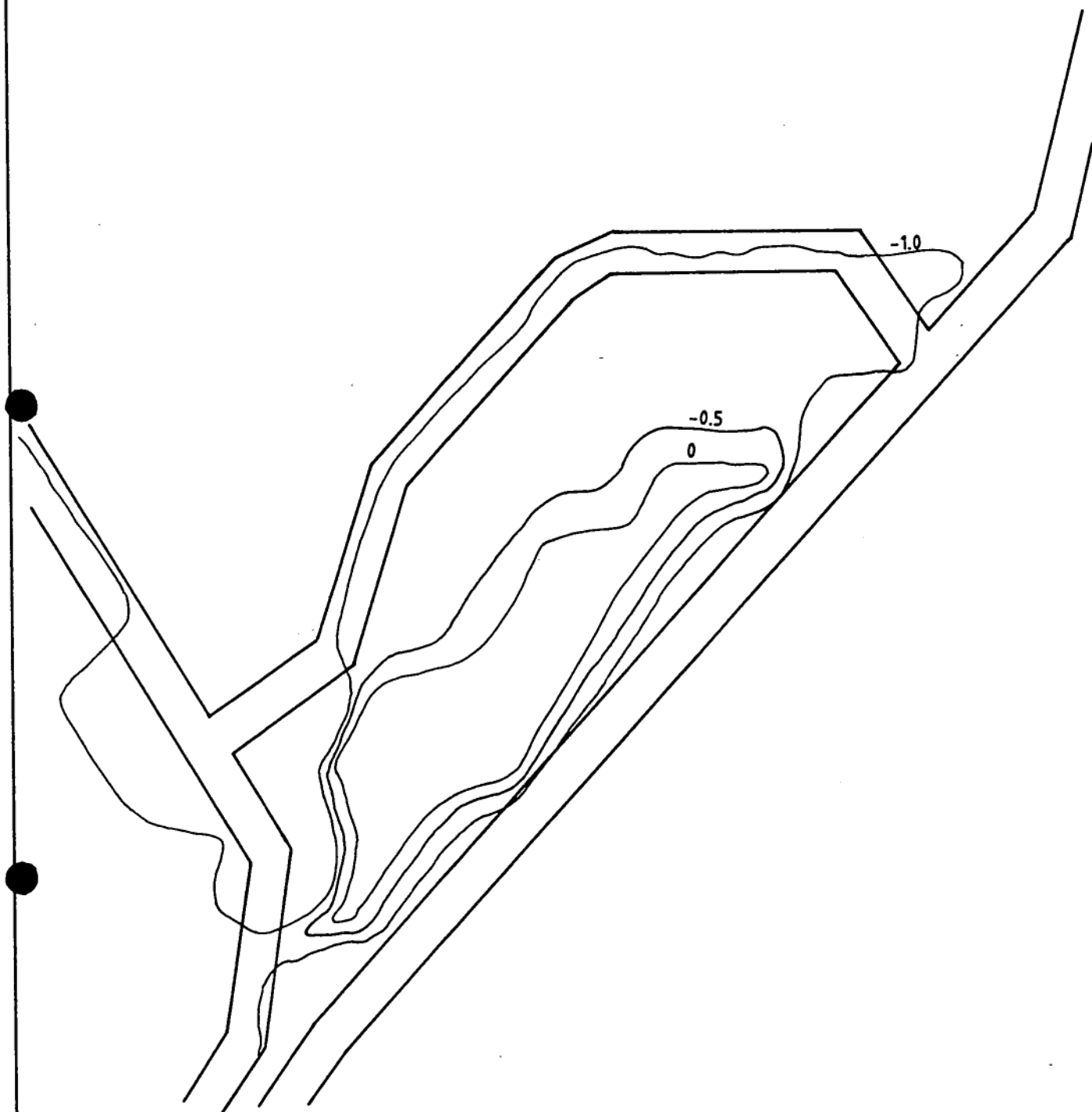
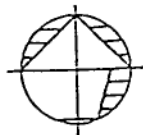
Postbus 183, 3000 AD Rotterdam

Schiekade 189, Rotterdam

Telefoon (010) 4.241.641

Figuur 8

Stijghoogten freatisch pakket, uitgangssituatie



0 250m

Opdrachtgever

Provincie Z-Holland, afd. Bodemsanering

Project

Onderzoek monitoring en beheersmaatregelen
stort Coupépolder, Alphen a/d Rijn
Fase 1

Omschrijving

Stijghoogten freatisch pakket - uitgangssituatie

Getekend

P.B.

Figuurnummer

8

Gezien

P.Bl.

Datum

12-'91

Tekeningnummer

1024850-001

IWACO

Adviesbureau voor water en milieu

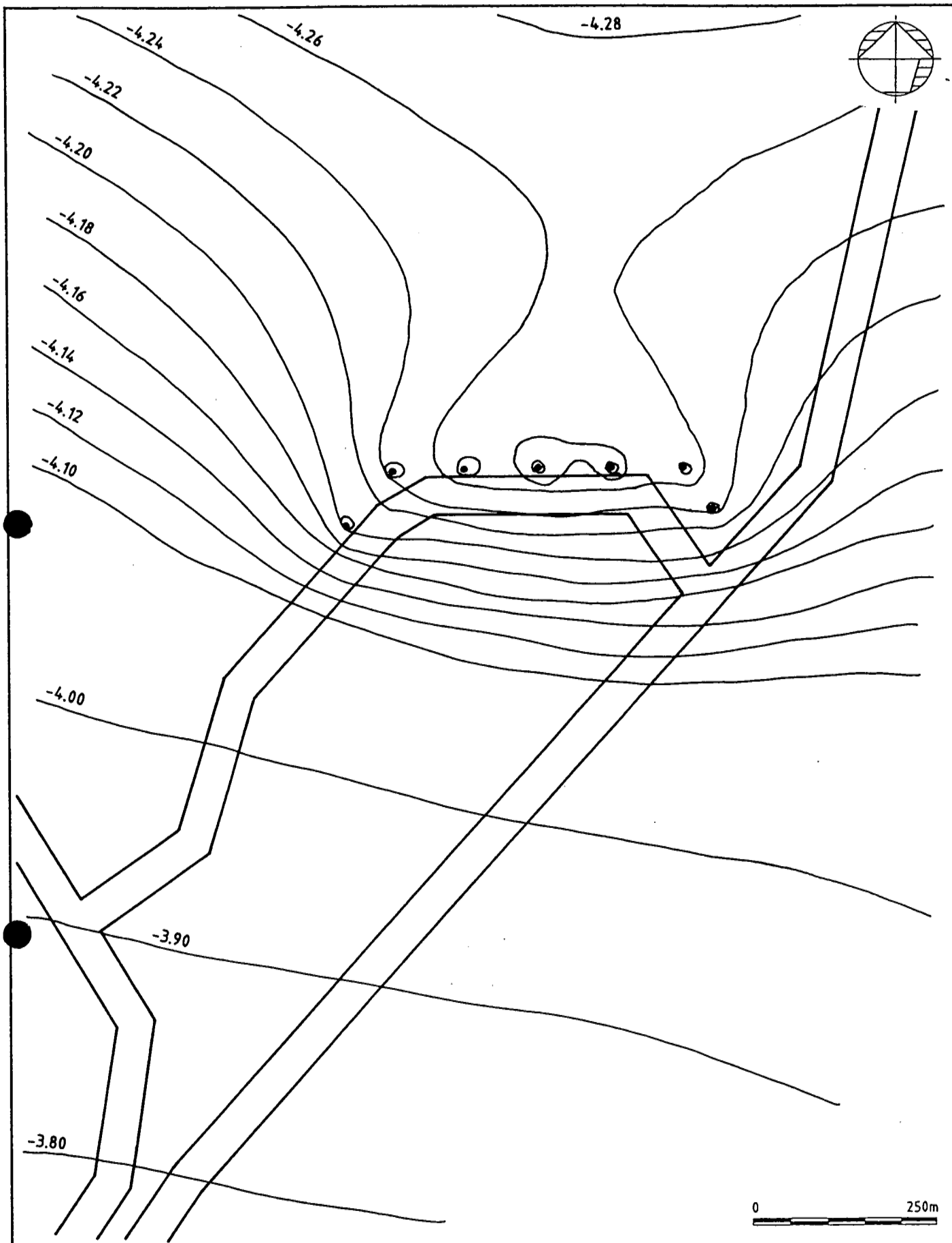
Postbus 183, 3000 AD Rotterdam

Schiekade 189, Rotterdam

Telefoon (010) 4.241.641

Figuur 9

**Stijghoogten eerste watervoerend pakket bij onttrekking van 50 m³/h,
lokaal beeld**



Opdrachtgever

Provincie Z-Holland, afd. Bodemsanering

Project

Onderzoek monitoring en beheersmaatregelen
stort Coupépolder, Alphen a/d Rijn
Fase 1

Omschrijving Stijghoogten eerste watervoerend pakket bij
onttrekking van 50m³/h; lokaal beeld

Getekend

P.B.

Figuurnummer

9

Gezien

P.Bl.

Datum

12-'91

Tekeningnummer

1024850-001

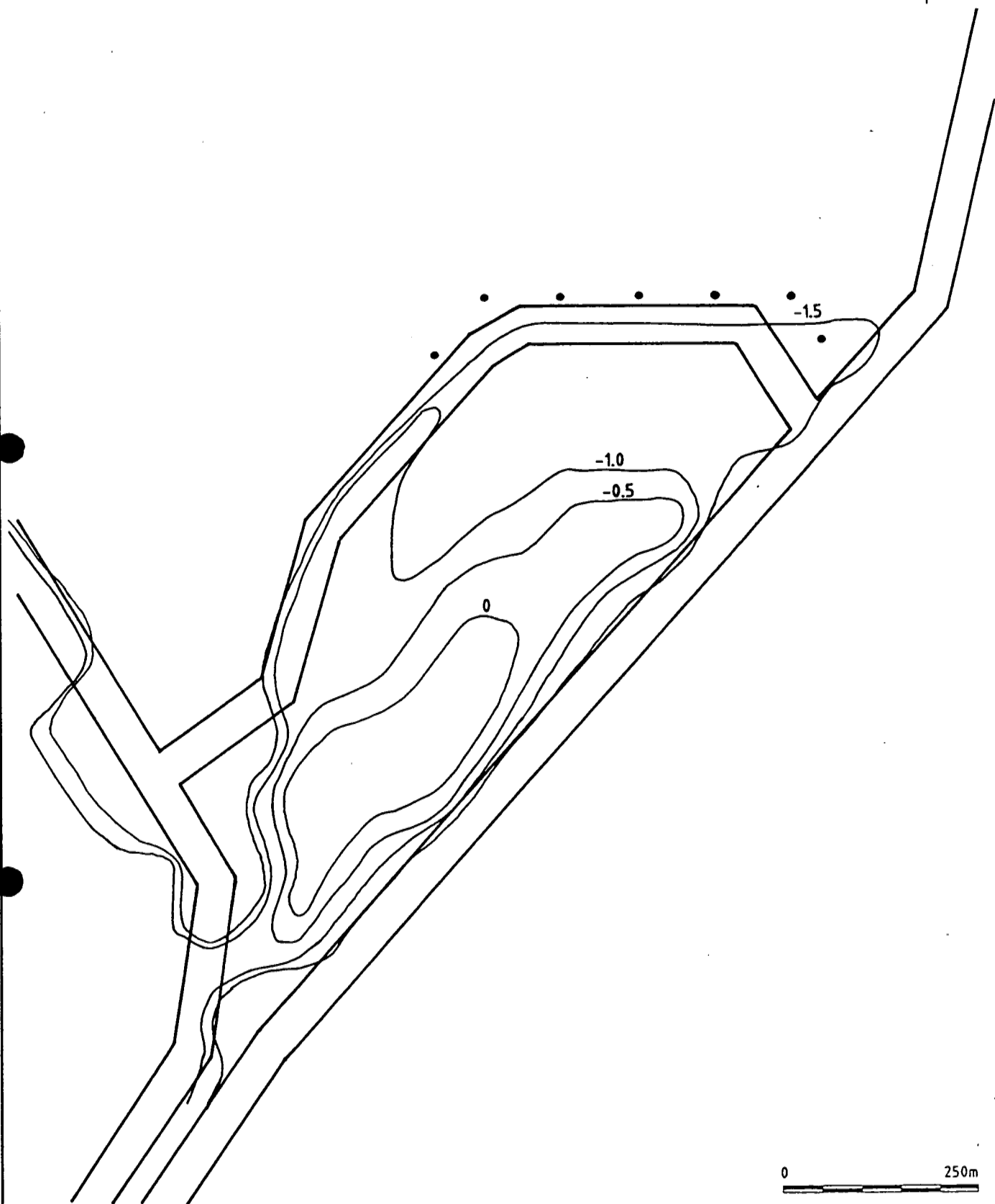
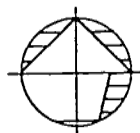
IWACO

Adviesbureau voor water en milieu

Postbus 183, 3000 AD Rotterdam
Schiekade 189, Rotterdam
Telefoon (010) 4.241.641

Figuur 10

Stijghoogten freatisch pakket bij onttrekking van 50 m³/h



Opdrachtgever

Provincie Z-Holland, afd. Bodemsanering

Project

Onderzoek monitoring en beheersmaatregelen
stort Coupépolder, Alphen a/d Rijn
Fase 1

Omschrijving

Stijghoogten freatisch pakket bij onttrekking van 50m³/h

Getekend

P.B.

Figuurnummer

10

Gezien

P.Bl.

Datum

12-'91

Tekeningnummer

1024850-001

IWACO

Adviesbureau voor water en milieu

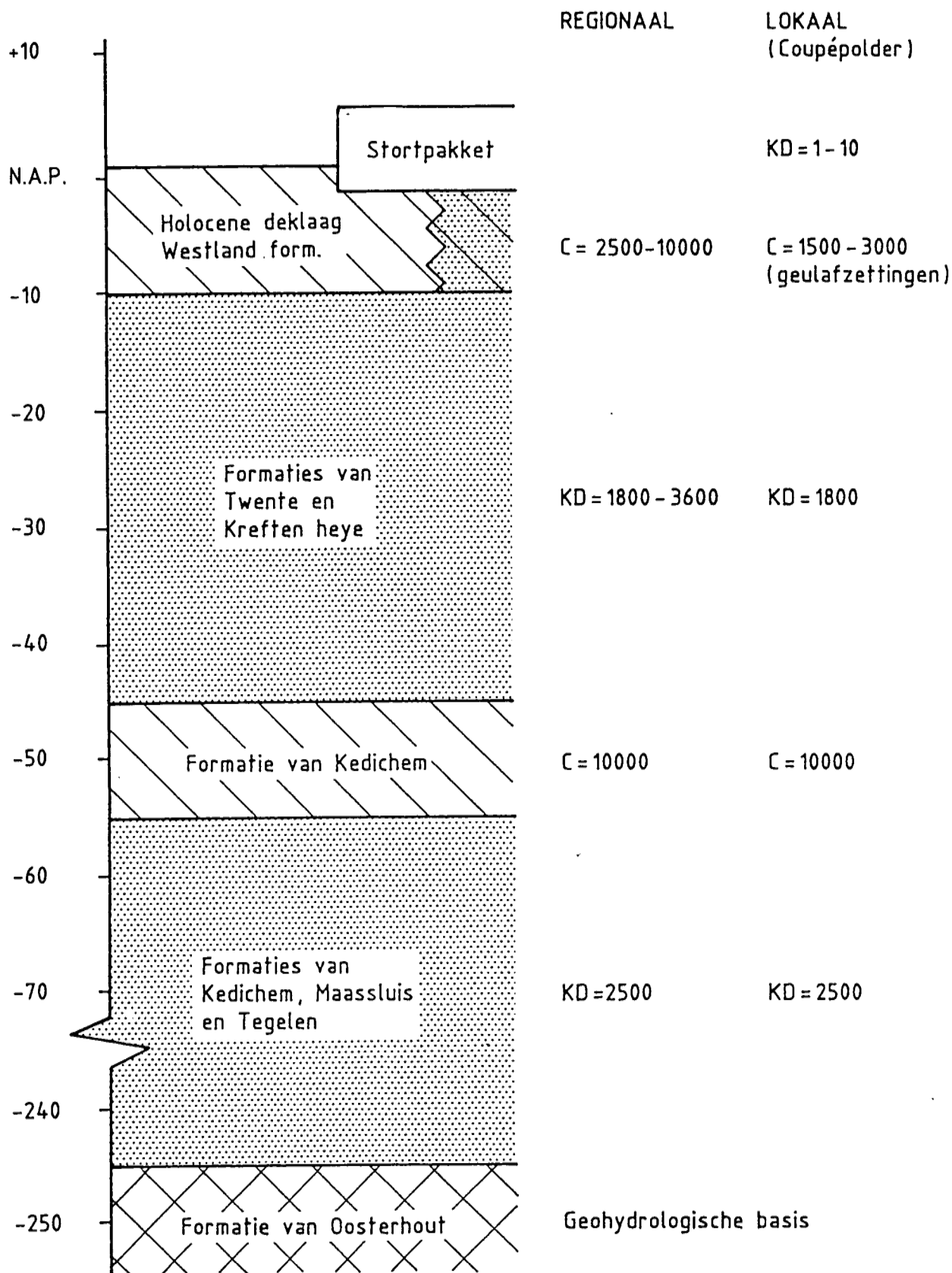
Postbus 183, 3000 AD Rotterdam

Schiekade 189, Rotterdam

Telefoon (010) 4.241.641

Figuur 11

Schematisatie ondergrond



Oprachtgever

Provincie Z-Holland, afd. Bodemsanering

Project

Onderzoek monitoring en beheersmaatregelen
stort Coupépolder, Alphen a/d Rijn
Fase 1

Omschrijving Schematisatie ondergrond t.b.v. numerieke
modellering (KD in m^2/d , C in d)

Getekend

P.B.

Figuurnummer

11

Gezien

P.Bl.

Datum

12-'91

Tekeningnummer

1024850-001

IWACO

Adviesbureau voor water en milieu

Postbus 183, 3000 AD Rotterdam

Schiekade 189, Rotterdam

Telefoon (010) 4.241.641

Uit stijghoogtegegevens blijkt dat er tijdelijk schijngrondwaterspiegels kunnen bestaan, met name onder de hogere delen van de stort. Afgezien hiervan is het freatisch vlak vrij plat, met een lichte opbolling onder het noordelijk deel van de stort. De freatische grondwaterstand varieert in de stort van NAP -1,8 m tot NAP +0,9 m, met een gemiddelde waarde van circa NAP -0 m. In de ringsloten wordt een peil van NAP -1,9 m gehandhaafd. In het aan te brengen ringdrainagesysteem wordt een niveau van NAP -1,5 tot NAP -1,9 m aangehouden. In het freatisch pakket vindt afstroming naar het ringdrainagesysteem plaats. Tevens bestaat er een verticale stroming in de richting van het eerste watervoerend pakket.

Binnen het eerste watervoerend pakket varieert de stijghoogte van NAP -3,3 m onder het zuidelijk deel van de stort, tot NAP -3,9 m onder het noordelijk deel. Tussen dit pakket en het freatisch pakket bestaat dus een gemiddeld stijghoogteverschil van circa 3,6 m. De stroming tussen beide pakketten zal met name plaatsvinden via de geulafzettingen, omdat deze een relatief lage hydraulische weerstand hebben. In het eerste watervoerend pakket vindt grondwaterstroming plaats in noordelijke richting, met een gemiddelde gradiënt van circa 1:1.000. In de noordelijk en noordoostelijk van de Coupépolder gelegen polders, waar polderpeilen van NAP -5 tot NAP -6 m worden gehandhaafd, kwelt het grondwater uit dit pakket weer op. In de omgeving van de vuilstort zijn geen grondwateronttrekkingen die het stromingsbeeld beïnvloeden. Wel wordt hier en daar op kleine schaal grondwater voor agrarisch gebruik onttrokken. In het tweede watervoerend pakket bedraagt de stijghoogte ter hoogte van de Coupépolder circa NAP -4 m. Grondwaterstroming binnen dit pakket is noordoostelijk gericht, met een gradiënt van ongeveer 1:5.000. Gezien de hoge weerstand van de eerste scheidende laag en het geringe stijghoogteverschil tussen de 2 watervoerende pakketten, is de verticale stroming van het eerste naar het tweede watervoerend pakket gering.

De natuurlijke grondwateraanvulling over de hele stort bedraagt 10 m³/uur, de zijwaartse voeding van het ringdrainagesysteem (vanuit het Aarkanaal, de Kromme Aar en het Heemgebied) in totaal ongeveer 8 m³/uur. De afvoer van het ringdrainagesysteem bedraagt circa 14 m³/uur. De verticale uitstroming uit de stort naar het eerste watervoerend pakket wordt op 4 m³/uur geschat.

2.3 BESCHRIJVING NUMERIEK MODEL

2.3.1 Afweging numerieke/analytische berekeningen

De effectiviteit van de beheersmaatregelen in het reduceren of elimineren van transport van verontreinigingen via het diepe grondwater, is op 2 verschillende manieren bestudeerd. Voor zover de beheersmaatregelen bemaling van het eerste watervoerend pakket betreffen, zijn de berekeningen met behulp van een numeriek model uitgevoerd. Bij bemaling van de geulafzettingen is voor analytische berekeningen gekozen. De reden voor deze laatste keuze ligt in de heterogeniteit van de geulafzettingen. De precieze structuur van dit deel van de holocene deklaag, met zijn zeer onregelmatige afwisseling van klei- en zandlenzen, kan niet eenduidig uit de boorprofielen worden afgeleid. Door de structuur van de geulafzettingen sterk te vereenvoudigen, zouden deze in het model kunnen worden ingevoerd als bijvoorbeeld een deel van de holocene deklaag met een lagere C-waarde. Wanneer hiermee echter stroombanen door de geulafzettingen zouden worden gemodelleerd, zouden deze een volstrekt onrealistisch regelmatig beeld laten zien.

Omdat de uitkomsten van numerieke berekeningen ons in dit geval niet betrouwbaar leken, zijn hier afschattingen aan de hand van analytische berekeningen verkozen boven schijn-nauwkeurige numerieke rekentechnieken.

2.3.2 Korte omschrijving model

Het numeriek model, waarmee de bemaling van het eerste watervoerend pakket is gesimuleerd, bestaat uit een vierkant van 11 x 11 km met de Coupépolder in het centrum (figuur 4). In bijlage 2 wordt het model nader toegelicht. De ondoorlatende basis wordt in het model door de kleiige afzettingen van de Formatie van Oosterhout gevormd en ligt op NAP -240 m. Daarboven worden 2 watervoerende pakketten onderscheiden. Het diepste watervoerend pakket (WVP 2) ligt direct boven de basis. De bovenzijde van dit pakket ligt op NAP -50 m. Het eerste watervoerend pakket (WVP 1) ligt tussen NAP -40 en NAP -10 m. Het model is op regionale schaal op basis van TNO/DGV-stijghoogtegegevens in deze 2 watervoerende pakketten geijkt. In figuur 6 en 8 zijn de berekende stijghoogten in het eerste watervoerend pakket en het freatisch pakket voor de uitgangssituatie weergegeven.

Hierbij zijn de volgende waarden voor de verschillende geohydrologische constanten gebruikt:

C-waarde deklaag

Over het hele gebied 4.000 dagen, met uitzondering van 2 deelgebieden in het noordoostelijk deel van het modelgebied, waar waarden van 500 en 2.000 zijn gebruikt. Voor de geulafzettingen onder de Coupépolder zijn verschillende waarden gebruikt. Na ijking op lokale schaal met behulp van peilbuiswaarnemingen is voor een C-waarde van 3.000 dagen gekozen.

KD-waarde WVP 1

1.800 m²/dag voor het hele gebied, met uitzondering van een noord-zuid lopende zone ten noorden van Alphen aan den Rijn, waar een waarde van 3.600 m²/dag werd gebruikt.

C-waarde eerste scheidende laag

10.000 dagen voor het hele gebied.

KD-waarde WVP 2

2.500 m²/dag.

2.3.3 Onzekerheden parameters

De hierboven vermelde waarden zijn op studies van het ICW (1976) en TNO/DGV (1980) gebaseerd. De parameter, die in onderhavige studie het meest kritisch is, is de C-waarde van de deklaag. De op de Coupépolder uitgevoerde dissipatieproeven, geven waarden die veel hoger liggen dan in de bestaande literatuur worden gevonden. Middels bemalingsgegevens van de polders in het modelgebied is gekeken welke van deze waarden het meest waarschijnlijk dicht bij de realiteit ligt. Hierbij zijn de door de polders ingelaten hoeveelheden water (deze worden niet gemeten) op 20% van het jaarlijks uitgeslagen volume geschat. Uit deze berekeningen bleek een gemiddelde C-waarde van 4.000 dagen het meest reëel. De C-waarde van de geulafzettingen onder de Coupépolder is bepaald aan de hand van een ijking van het model op lokale schaal. Hierbij zijn de peilbuiswaarnemingen op en rond het terrein met berekende waarden vergeleken.

De "opbolling" van het freatisch vlak onder het topografisch hoogst gelegen deel van de stort, is hierbij opnieuw bekeken. Het feit dat peilbuizen in dit deel van de stort regelmatig droog staan, suggereert dat het hier om schijn-grondwaterspiegels gaat. Wanneer men deze metingen uit het freatisch stijghoogtebeeld "filtert", resteert een vrij plat horizontaal freatisch vlak, dat ongeveer op NAP-hoogte ligt. De C-waarde die hiermee het best in overeenstemming is, bedraagt 3.000 dagen. Deze hoge waarde is uit de C-waarde van de holocene deklaag en de C-waarde van het onderste deel van het stortpakket opgebouwd. In verschillende boringen in het noordelijk deel van de stort, is kunstmatig aangebrachte klei aangetroffen. Deze kleilaag bereikt plaatselijk diktes van 5 à 6 m (boringen COB 15, 16 en 17). Opvallend is dat ook in boringen waar deze kleilaag ontbreekt en het stortmateriaal direct op de zandige geulafzettingen ligt, zeer scherpe stijghoogtecontrasten (3 m) worden gemeten over de onderzijde van de stort. Hoewel het percolaat van de stort sterk is verontreinigd, zijn de concentraties organische verbindingen en zware metalen onder de geulafzettingen laag of beneden de detectiegrenzen. Het stijghoogtecontrast en de scherpe concentratie-afname lijken erop te duiden, dat er een overgangslaag bestaat die een hoge hydraulische weerstand heeft en waaraan de verontreinigingen zouden kunnen worden geadsorbeerd. Deze laag zou kunnen bestaan uit slib en organisch materiaal, dat is uitgespoeld en in de zandige afzettingen is gedrongen. Hoe groot de bijdragen aan de totale hydraulische weerstand van de eerder genoemde aangebrachte kleilaag en laatstgenoemde overgangslaag zijn, is niet exact te bepalen. Gezien het zandige karakter van de geulafzettingen ligt de som van deze bijdragen vermoedelijk tussen de 40 en 60% van de totale weerstand. Bij het berekenen van stroombanen is de gevoeligheid voor variatie in de totale C-waarde bekeken. De invloed bleek zich te beperken tot een geringe verandering van de grondwaterstroomrichting in het eerste watervoerend pakket. Bij lagere C-waarden neemt het westwaartse component van de stroomrichting in grootte af; de stroomrichting is dan vrijwel pal noord. In het doorrekenen van de verschillende beheersvarianten speelt deze geringe variatie een verwaarloosbare rol.

De C-waarde van de eerste scheidende laag vormt een beduidend minder kritische parameter, wegens het geringe stijghoogteverschil tussen het eerste en tweede watervoerend pakket. Voor deze parameter is dan ook steeds de meest voorkomende literatuurwaarde van 10.000 dagen gebruikt. De KD-waarden van WVP 1 en WVP 2 vormden evenmin kritische parameters bij het doorrekenen van de beheersvarianten; ook hier zijn de berekeningen steeds met de gebruikelijke literatuurwaarden (paragraaf 2.3.2) uitgevoerd.

3. ZUIVERING

3.1 ALGEMEEN

Toepassing van beheersmaatregelen voor de lokatie Coupépolder maakt zuivering van het opgepompte percolaatwater noodzakelijk. Lozing op de huidige rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI Alphen aan den Rijn) wordt gedoogd. Doch deze installatie is niet in staat om kwalitatief, maar vooral kwantitatief een percolaatlast van meer dan 30 à 40 m³/uur te verwerken. Gezien de beperkingen van de huidige RWZI is voor dit onderzoek van het lozen van voorgezuiverd water op het omringende boezemwater uitgegaan. Het Hoogheemraadschap Rijnland heeft hiervoor (voorlopige) lozingsnormen verstrekt. Naar verwachting komen van de Coupépolder 2 waterstromen vrij, die eventueel een behandeling moeten ondergaan, te weten:

- ringdrainagewater, met een gemiddeld debiet van 15 - 25 m³/uur;
- diep grondwater, met een debiet afhankelijk van het type beheersvariant, in de range van 10 tot 120 m³/uur.

In de volgende paragrafen wordt nader op de behandeling van het te lozen water ingegaan. Hierbij komen aan de orde:

- de noodzaak tot zuivering;
- de alternatieve zuiveringssystemen;
- een evaluatie van de potentiële zuiveringssystemen.

3.2 UITGANGSPUNTEN

In tabel 1A is een overzicht van de algemene grondwaterkwaliteit op de lokatie gegeven. In tabel 1B zijn kwaliteitsgegevens van het ringslootwater gegeven. In deze tabellen zijn tevens de (voorlopige) lozingsnormen opgenomen, zoals verstrekt door het Hoogheemraadschap Rijnland. De lozingsnormen zijn op het lozen van voorgezuiverd water op het omringende boezemwater gebaseerd.

Tabel 1A. Grondwaterkwaliteit, normen en noodzaak zuivering

Stof	Eenheid	Grondwaterkwaliteit			Lozingsnorm	Zuivering		
		min.	gem.	max.		min.	gem.	max.
CZV	mg/l	50	300	3.260	75		x	x
BZV	mg/l	5	9	14	30			
N-Kjeldahl	mg/l	2	110	625	15		x	x
NH ₄ -N	mg/l	0,01	95	620	10		x	x
PO ₄	mg/l	0,01	0,7	3,5	3			
Cl	mg/l	50	350	1.700	200		x	x
Minerale olie	µg/l	20	160	2.800	5	x	x	x
Fenolen	µg/l	1	17	180	50			x
Cyanide	µg/l	5	5	5	20			
BTEX	µg/l	1	150	3.500	100		x	x
EOX	µg/l	1	80	2.160	?)		(x)	(x)
Zn+Cr+Ni+Pb+Cu	µg/l	115	125	1.220	1.000			x
Hg	µg/l	0,2	30	1.280	0,5		x	x
Cd	µg/l	0,5	0,5	0,6	2,5			
As	µg/l	2	5	20	50			

- *) IMP oppervlaktewater 5 µg/l
 A-waarde 1 µg/l
 B-waarde 15 µg/l
 C-waarde 70 µg/l

Tabel 1B. Percolatiewaterkwaliteit (ringsloten)

Stof	Eenheid	Percolaat waterkwaliteit			Lozingsnorm
		min.	gem.	max	
CVZ	mg/l	100	260	495	75
BZV	mg/l	5	15	20	30
N-kjeldahl	mg/l	30	105	135	15
SO ₄	mg/l	45	290	520	?
Cl	mg/l	170	305	370	200

De te verwachten concentraties van verontreinigingen in het effluent van het ringdrainagesysteem bedragen circa 50 tot 100% van het in tabel 1A gegeven maximale niveau.

In tabel 1C zijn concentraties vermeld die gemeten zijn in het recent aangelegde ringdrainagesysteem.

Tabel 1C.

		Tracé Aarkanaal	Tracé Heemgebied + Kromme Aar
Minerale olie	µg/l	210	50
EOX	µg/l	12	3
BTEX	µg/l	45	5
Hg	µg/l	0,1	0,1
Cd	µg/l	< 50	< 50
As	µg/l	7	3

Op basis van de in de risico-evaluatie (IWACO-rapport "Vervolgonderzoek Coupépolder, fase 1B", april 1989) uitgevoerde stoftransportberekeningen met het programma STIWACO is de verwachting, dat de concentraties van verontreinigingen in het opgepompte diepe grondwater circa 1 tot 10% van het maximale niveau van tabel 1A bedragen. Deze berekeningen zijn als uitgangspunt voor de keuze van het zuiveringssysteem gehanteerd. Hoewel het gebruikte model een zo nauwkeurig mogelijke benadering geeft, moet worden gesteld dat er onzekerheden zijn door de complexiteit van een vuilstort.

Op basis van de gegevens in tabel 1A en 1B kan worden afgeleid, dat de volgende stoffen/stofgroepen moeten worden verwijderd, alvorens lozing op het oppervlaktewater kan plaatsvinden.

- macroparameters:
 - * chemisch zuurstofgebruik (CZV);
 - * totaal stikstof (Nkj);
 - * ammonium stikstof (NH₄-N);
 - * chloride;
- zware metalen:
 - * Zn, Cu;
 - * Cr, Ni, Pb;
 - * Hg;
- organische micro's:
 - * minerale olie;
 - * fenolen;
 - * vluchtige aromaten (BTEX);
 - * organochloorverbindingen (EOX).

Uitgaande van de minimum-vervuilingsvariant in tabel 1A is geen grote zuiveringsinspanning vereist. Een eventuele oliewaterscheiding is dan afdoende. Indien het opgepompte grondwater ongezuiverd op de riolering zou mogen en kunnen worden geloosd, kost dit geld in de vorm van een lozingsheffing, gebaseerd op de vracht aan vervuilingsequivalenten (VE's). In tabel 2 is de heffing voor het opgepompte grondwater (3 verschillende debieten en de minimale, gemiddelde en maximale verontreinigingsgraad) en voor het ringdrainagewater (1 debiet) berekend. De berekende lozingsheffing op basis van de Rijksformule is beperkt te noemen voor de minimum-vervuilingsvariant en rechtvaardigt geen zuivering. Voor zowel de "gemiddelde", alsmede de "maximum"-verontreinigingssituatie is sprake van hoge jaarlijkse heffingslasten.

De verwijdering van CZV en Nkj behoeft derhalve de nodige aandacht in het procesontwerp van een zuiveringsinstallatie. Het zuiveren in eigen beheer lijkt op basis van de berekende heffingslasten economisch aantrekkelijk.

In de navolgende paragrafen zal dan ook worden ingegaan op mogelijke toe te passen zuiveringstechnieken voor de volgende 2 waterstromen:

- diep grondwater met een debiet van maximaal 100 m³/uur: concentraties gemiddeld;
- ringdrainagewater met een debiet van 20 m³/uur: concentraties maximum-variant.

Gezien de vergelijkbaarheid in type verontreiniging, concentraties en vrachten (tabel 1A, 1B en 1C) kunnen beide waterstromen in 1 zuiveringsinstallatie worden behandeld.

Tabel 2. Berekende VE-vrachten en lozingsheffingen (*f*/jaar) voor diep grondwater (dw) en ringdrainagewater (rw)

Heffing (<i>f</i> /VE)	70,-	VE-vracht bij peilbuiswaarde			Lozingsheffing bij peilbuiswaarde (<i>f</i> /jaar)		
		min.	gem.	max.	min.	gem.	max.
Debiet (m ³ /uur)							
10 dw		105	1.275	6.121	7.350	89.250	428.493
20 dw		210	2.550	12.243	14.700	178.500	856.985
50 dw		525	6.375	30.607	36.750	446.250	2.142.463
20 rw		840	2.610	3.925	58.800	182.700	274.750

3.3 POTENTIËLE ZUIVERINGSTECHNIEKEN

In paragraaf 3.2 is aangegeven, dat op voorhand een zuivering in eigen beheer uit kostentech- nisch oogpunt aantrekkelijk lijkt. Voorlopig kan het drainagewater worden geloosd op een persleiding, die op de RWZI Alphen afwatert. Desondanks dient ook voor deze waterstroom zuivering in eigen beheer, gevolgd door lozing van het effluent op het oppervlaktewater in beschouwing te worden genomen. De RWZI Alphen is een biologische zuivering die niet is ontworpen op het ontvangen van grote stromen afvalwater met lage concentraties aan biologisch afbreekbare verbindingen en hoge concentraties slecht afbreekbare verbindingen, zware metalen en dergelijke. Het procesontwerp van een zuiveringssysteem zal aan een groot aantal doelstellingen moeten voldoen. Het systeem dient de volgende stoffen en stofgroepen te verwijderen, alvorens lozing op het oppervlaktewater mag plaatsvinden:

- organische stoffen (CZV en BZV);
- stikstofverbindingen (NH₄⁺-N, Kjeldahl-N);
- zouten (chloride);
- organische micro's (EOX, fenolen);
- vluchtige aromatische koolwaterstoffen (BTEX);
- zware metalen (Zn, Cu, Cr, Ni, Pb, Hg).

In tabel 3 is een overzicht van potentiële zuiveringstechnieken opgenomen, die in principe kunnen worden ingezet om de voornoemde stofgroepen te verwijderen. Op basis van dit globale overzicht kan worden geconcludeerd, dat in principe voor alle stofgroepen zuiveringsstechnieken beschikbaar zijn. De technieken moeten flexibel zijn ten aanzien van de verontreinigingsgraad. De vuilstort is inhomogeen en bevat concentraties van stoffen die, bijvoorbeeld door lekkage van vaten, snel kunnen vrijkomen. De voorspelbaarheid van deze processen is bovendien laag.

Tabel 3. Globaal overzicht potentiële zuiveringstechnieken per te verwijderen stof(groep)

Techniek	Zware metalen	Minerale olie	Fenolen	BTEX	Niet-vluchtige KWS	NKj & NH ₄	CZV & BZV	Chloride
COAG/FLOCC/SED	+	+	0	-	0	-	-	-
chemische oxydatie	-	0	+	0	0	+	0	-
ozon/UV	-	-	+	+	+	+(?)	+(?)	-
actieve kool	0	+	+	+	+	0(?)	+	-
luchtstrippen	-	-	-	+	-	-	-	-
biologische zuivering	0	+	+	+	+	+	+	-
ionenwisseling	+	0	-	-	-	-	-	+
ultrafiltratie	0	+	-	0	+	0(?)	0(?)	-
hyperfiltratie	+	+	+	0	+	+	+	+
electrodialyse	+	0	0	0	0	+	0	+

+ : redelijk tot goed (> 70%)
 0 : matig (30 - 70%)
 - : slecht (< 20%)

Naast dit theoretische overzicht is ook gekeken naar de praktijkervaring(en) met voornoemde technieken. In 1986 heeft het Ministerie van VROM een rapport betreffende de behandeling van percolatiewater van stortterreinen uitgebracht. In tabel 4 is de samenstelling van het percolatiewater van drie verschillende, in het VROM-rapport vergeleken, vuilstorten weergegeven. Vergelijken we deze concentraties met de mogelijke samenstelling van het grondwater van de Coupépolder, dan kan worden geconcludeerd, dat de concentraties in het grondwater onder de Coupépolder voor een aantal macroparameters lager zijn als gevolg van de verdunning (BZV factor 20; CZV factor 6; NH₄⁺-N factor 5; Cl⁻ factor 8 en zware metalen factor 2-30).

Tabel 4. Samenstelling van het VAM percolatiewater en van methanogeen gestabiliseerd percolatiewater volgens VROM/Heidemij (1984) en Ehrig (1982) (gemiddelde waarden van meerdere metingen)*)

Stof	Eenheid	VAM	VROM/Heidemij	Ehrig	Coupépolder		
BZV	mg/l	220	400	180	5	-	14
CZV	mg/l	2.900	3.000	3.000	200	-	500
Cl ⁻	mg/l	2.960	3.500	2.119	350	-	1.700
HCO ₃ ⁻	mg/l	5.060	-	8.063	1.690	-	5.320
Nkj	mg/l	750	350	-	110	-	625
NH ₄ -N	mg/l	640	-	741	95	-	620
NO ₃ -N	mg/l	< 0,9	0,1	-	2	-	20
NO ₂ -N	mg/l	< 0,4	0,1	-	0,01	-	20
P tot.	mg/l	7,1	5,0	5,7	0,7	-	3,5
SO ₄ ²⁻	mg/l	90	20	884(1)	94	-	590
Al	mg/l	2,1	-	-	0,2	-	2,60
Ba	mg/l	0,6	-	-	25	-	1.200
Ca	mg/l	101	60	80	250	-	750
Fe	mg/l	12,8	10	15	18	-	92
K	mg/l	1.450	500	1.085	125	-	950
Mg	mg/l	111	100	250	90	-	370
Na	mg/l	1.640	1.000	1.343	250	-	1.025
As	µg/l	10	100	126	5	-	20
Cd	µg/l	2,1	< 100	5,2	0,5	-	0,6
Cr	µg/l	245	< 100	275	20	-	0,6
Cu	µg/l	195	300	65	20	-	50
Hg	µg/l	0,5	2	0,2-61	30	-	1.280
Ni	µg/l	220	1.000	166	25	-	180
Pb	µg/l	155	< 100	87	5	-	6,5
Zn	µg/l	650	2.000	640	75	-	965
pH		8,4	7,5	8,0	7,5	-	8,0

(1) Maximum

*) Behandeling percolatiewater Stortterreinen, Ministerie van VROM (1986)

3.4 ZUIVERINGSSYSTEMEN

3.4.1 Algemeen

Zoals uit paragraaf 3.2 blijkt, dient een zuiveringsinstallatie voor de Coupépolder aan een groot aantal doelstellingen te voldoen voor wat betreft de te verwijderen stoffen. In bijlage 1 worden de potentieel toepasbare zuiveringstechnieken toegelicht. Uit paragraaf 3.3 volgt, dat voor de aanwezige "cocktail" geen techniek voorhanden is, die alle stoffen zonder meer verwijdert. Combinaties van fysische, fysisch-chemische en aeroob-biologische behandelings-technieken zijn in staat een zodanig effluent te leveren, dat lozing op het oppervlaktewater mogelijk is.

De systeemkeuze wordt bemoeilijkt door een drietal factoren:

- het verwijderen van chloride;
- het verwijderen van moeilijk afbreekbare organische verbindingen (CZV) en de hoge CZV/BZV-verhouding;
- het verwijderen van stikstofverbindingen (ammonium, nitraat).

De hoge CZV- en $\text{NH}_4\text{-N}$ -concentraties resulteren ook in een hoge lozingsheffing in geval ongezuiverd zou worden geloosd. Voor de keuze van een adequaat zuiveringssysteem wordt onderscheid tussen een situatie gemaakt, waarbij al dan niet een chloridenorm van toepassing is. Dit kan het geval zijn, indien:

- ontheffing ten aanzien van chloride wordt verkregen;
- op de RWZI kan worden geloosd;
- de op te pompen waterkwaliteit alsnog voldoet aan de norm (dat wil zeggen 200 mg Cl/l).

3.4.2 Alternatief met chloridenorm

Er voorsnog van uitgaande, dat aan een chloridenorm moet worden voldaan, lijkt toepassing van membraanfiltratie (omgekeerde osmose/hyperfiltratie) de enige adequate oplossing. Dit is zeker het geval bij de maximum-verontreinigingsgraad. Uitgaande van de gemiddelde concentraties is de normoverschrijding relatief gering (zie tabel 1). Om membraanvervuiling zoveel mogelijk te voorkomen, wordt een voorzuivering in de vorm van Coagulatie Flocculatie Sedimentatie (CFS) (inclusief slibbehandeling) noodzakelijk geacht. Tevens kan hierop volgend een luchtstripinstallatie worden ingezet om de vluchtige micro's (BTEX en VOCl) te verwijderen. Dit om problemen met dergelijke stoffen in de concentraatstroom te voorkomen.

Samengevat komt het volgende processchema in aanmerking:

- * CFS - Zandfiltratie - Luchtstrippen - Hyperfiltratie

Het effluent van een dergelijke installatie zal naar verwachting aan alle lozingseisen voldoen. Nadelen van deze line-up zijn:

- onderzoek op pilot-schaal nodig om optimale membraankeuze en procescondities vast te stellen, alsmede inzicht in de vervuilingsgevoeligheid van de installatie te verkrijgen;
- verwerking en bestemming van de concentraatstroom is een probleem. Simpele oplossingen liggen niet voor de hand. Aangezien metalen en vluchtige micro's voorafgaande aan de hyperfiltratie worden verwijderd, zal de concentraatstroom voornamelijk CZV, stikstof (ammonium) en niet-vluchtige micro's (inclusief gechlorideerde verbindingen) bevatten. Her-infiltratie op de stort is wellicht een optie onder bepaalde gecontroleerde condities;
- de kosten van een dergelijke installatie zullen hoog zijn en worden voornamelijk door de hyperfiltratie stap bepaald.

3.4.3 Alternatief zonder chloridenorm

Ervan uitgaande dat geen chloridenorm van toepassing zou zijn, is bovengenoemd processchema (paragraaf 3.4.2) ook een alternatief, aangezien in principe alle verontreinigingen worden verwijderd. Daarnaast bieden zich nog andere processchema's aan, welke zijn gebaseerd op biologische zuivering. Om te voorkomen dat gevormd biologisch slib het karakter van WCA-afval krijgt, wordt ook hier een voorzuivering van CFS voorgesteld, waarmee zware metalen en aanwezig ijzer worden verwijderd. Eventueel kan het ook zinvol zijn om hierna een luchtstripinstallatie te plaatsen om emissieproblemen vanuit de biologische zuivering te voorkomen. De biologische zuivering dient zowel CZV/BZV, ammonium en organische micro's te verwijderen.

De zuivering dient derhalve te zijn ontworpen als een nitrificatie-denitrificatieinstallatie. In de eerste stap wordt ammonium omgezet naar nitraat, hetgeen vervolgens naar stikstofgas moet worden omgezet. Voor deze tweede stap dient voldoende BZV aanwezig te zijn om de denitrificerende bacteriën van voedsel te voorzien. Aangezien dit waarschijnlijk niet het geval is, zal een koolstofbron, bijvoorbeeld methanol, moeten worden toegevoegd.

Samengevat ziet het procesontwerp er als volgt uit:

- * CFS - Zandfiltratie - Luchtstrippen - Biologische nitrificatie/denitrificatie

Bij deze variant kan nog een vraagteken bij de mate van verwijdering van niet-vluchtige organische micro's worden gezet. Eventueel dient een koolfilter te worden nageschakeld. Een mogelijke variant op dit proces kan de toepassing van geavanceerde ozon-processen zijn. Het processchema ziet er dan als volgt uit:

- * CFS - zandfiltratie - luchtstrippen - ozonisatie - biologische denitrificatie

Het theoretisch voordeel van toepassing van ozon voorafgaande aan de biologische zuivering is:

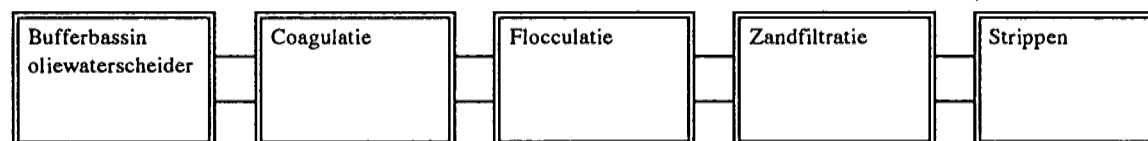
- omzet van ammonium naar nitraat;
- omzetting van CZV naar beter afbreekbaar BZV, zodat geen of minder methanol bij de denitrificatie hoeft te worden gedoseerd;
- afbraak/omzetting van niet-vluchtige koolwaterstoffen.

In hoeverre deze processen ook daadwerkelijk effectief kunnen en zullen verlopen, is alleen te bepalen met behulp van pilot-plantonderzoek. De kosten van ozonisatie zijn sterk afhankelijk van de toe te passen ozondosering.

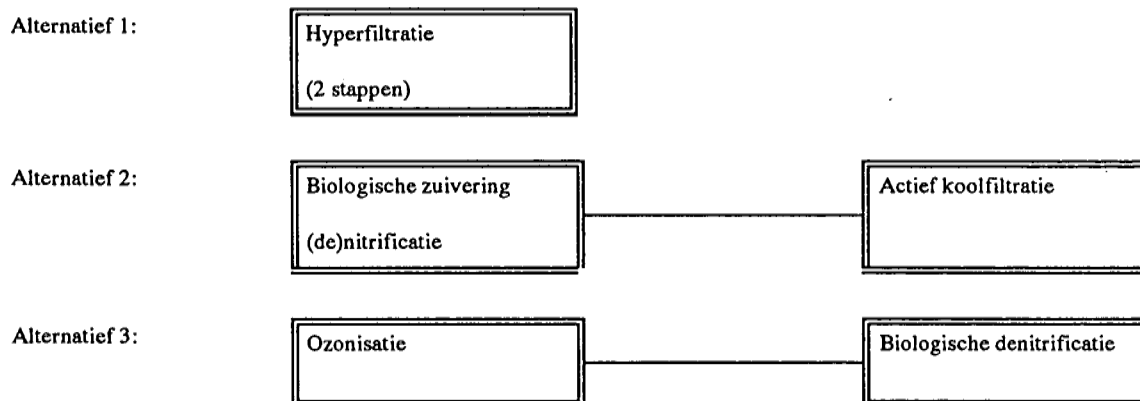
Het moge duidelijk zijn, dat ook indien geen chloridenorm van toepassing is, de keuze voor een zuiveringssysteem nog niet voor de hand ligt.

4.4 Systeemkeuze

Uit de vorige paragrafen kan worden opgemaakt, dat 3 systemen in principe voldoen aan de gestelde eisen. De systemen verschillen in de hoofdzuivering. De voorzuivering is steeds hetzelfde, te weten:



De hoofdzuivering, geplaatst na het stripproces, kan bestaan uit:



Ad 2.

De biologische zuivering bestaat uit het nitrificatieproces (omzetting ammonium naar nitraat) en het denitrificatieproces (omzetting nitraat naar stikstof). Deze processen kunnen in 1 reactor plaatsvinden (1 slibstelsel) of gescheiden in 2 reactoren (biorotor, gevolgd door denitrificatiekolom).

3.5 KOSTENEVALUATIE

De 3 voorgestelde zuiveringsalternatieven zullen economisch worden vergeleken. De volgende kosten zijn in de globale kostenschatting opgenomen:

- investeringskosten:
 - * bouwkundige kosten;
 - * mechanische/elektrische kosten;
 - * engineering;
- exploitatiekosten:
 - * chemicaliën;
 - * onderhoud;
 - * energie;
 - * personeel;
 - * lozingsheffingen/afvoer afvalstoffen.

De onnauwkeurigheid in de kostenschatting wordt met name door de onzekerheden in de exploitatiekosten veroorzaakt. Er zijn aannames voor de verontreinigingsgraad (onvoorspelbaarheid concentraties en verloop daarin) gedaan, waardoor de chemicaliën- en energiekosten in de praktijk kunnen afwijken. Onduidelijk is voornamelijk of de afvalstoffen (concentraatstroom) op de stort mogen worden teruggestort.

De installatie wordt gekocht en niet gehuurd, gezien de duur van de zuivering. Het huren van een installatie is alleen interessant bij een zuiveringsduur van minder dan circa 2 jaar. De installatie wordt over een periode van 10 jaar afgeschreven. De technische levensduur zal 15 tot 25 jaar bedragen, maar door de installatie sneller af te schrijven, wordt een zekere mate van flexibiliteit ingebouwd om veranderingen in de toekomst op te vangen. Die veranderingen kunnen zijn:

- wijziging in te zuiveren debieten (bijplaatsen van modules (parallel));
- wijziging in concentratieniveaus en aard van de verontreiniging (bijplaatsen van technieken (in serie));
- nieuwe ontwikkelingen op zuiveringstechnisch gebied;
- ontwikkelingen op vergunningstechnisch gebied (Lozingseisen, WCA-afval en dergelijke).

Tabel 5. Investeringskosten (f x 1.000.000)

Capaciteit (m ³ /uur)	Alternatief 1 hyperfiltratie	Alternatief 2 ^{*)} biologische zuivering (geen Cl ⁻ -norm)
10	3,75	2,30
20	4,20	2,60
30	4,60	2,85
40	5,00	3,05
50	5,30	3,25
60	5,60	3,50
70	5,90	3,70
80	6,20	3,90
90	6,50	4,15
100	6,80	4,35

^{*)} exclusief actief koolinstallatie

De ozonisatie-installatie wordt op basis van een vaste m³-prijs aangeboden, waar de investering is inbegrepen. De opdrachtgever hoeft dan geen investering te plegen.

Tabel 6. Exploitatiekosten (f/m^3)

Capaciteit ($m^3/$ uur)	Alternatief 1 hyperfiltratie	Alternatief 2 biologische zuivering	Alternatief 3 ozonisatie
10	11,00	10,50	13,00
20	9,00	8,60	11,00
30	6,90	6,60	8,50
40	5,25	5,10	7,40
50	4,75	5,00	6,40
60	4,40	4,97	5,90
70	4,10	4,95	5,40
80	4,00	4,92	5,30
90	3,90	4,90	5,15
100	3,80	4,88	5,00

Tabel 7. Totale kosten (kapitaalkosten en exploitatiekosten in f/m^3)

Capaciteit ($m^3/$ uur)	Alternatief 1 hyperfiltratie	Alternatief 2 biologische zuivering	Alternatief 3 ozonisatie
10	15,50	13,50	13,00
20	12,25	10,65	10,75
30	9,65	8,30	8,50
40	7,50	6,50	7,20
50	6,70	6,20	6,40
60	6,15	6,05	5,90
70	5,60	5,90	5,40
80	5,40	5,75	5,30
90	5,30	5,65	5,15
100	5,20	5,55	5,00

Indien een eis aan het chloride-gehalte wordt gesteld, is slechts 1 alternatief mogelijk: de toepassing van hyperfiltratie (alternatief 1). Bij debieten die kleiner zijn dan $60 m^3/$ uur, is dit de duurste variant. Alternatief 3 kan worden gemodificeerd om ook chloride te verwijderen. Dit verhoogt de kosten per m^3 met f 1,--. Daarmee wordt ozonisatie voor debieten groter dan $30 m^3/$ uur het duurste alternatief. Indien geen chloridenorm van toepassing is, is biologische zuivering voor debieten kleiner dan $60 m^3/$ uur een aantrekkelijk alternatief. Voor debieten groter dan $60 m^3/$ uur (met chloridenorm) is hyperfiltratie een aantrekkelijk alternatief. Bij alternatief 2 (biologische zuivering) dient te worden opgemerkt, dat uit proefnemingen moet volgen of de CZV-norm zonder actief koolfilter wordt gehaald.

In de volgende hoofdstukken is voor de evaluatie van de beheersvarianten om financiële redenen van alternatief 1 (hyperfiltratie), bij debieten groter dan $60 m^3/$ uur, uitgegaan. Voor debieten kleiner dan $60 m^3/$ uur is alternatief 2 (biologische zuivering) toegepast.

Uit een vergelijking van de totale jaarlijkse kosten van zuivering in eigen beheer met direct lozing op de RWZI van Alphen aan den Rijn volgt, dat zuivering in eigen beheer aanzienlijk duurder is.

Alvorens een zuiveringsinstallatie gaat worden gebouwd, dient een proefneming plaats te vinden op semi-technische schaal (pilot-plant) om de uitgangspunten te kunnen verifiëren en het gekozen systeem te kunnen optimaliseren. Dit onderzoek is noodzakelijk, gezien de complexiteit van de materie en wordt, gezien de grote kosten die met de zuivering zullen zijn gemoeid, aanbevolen.

4. BEHEERSVARIANTEN

4.1 ALGEMEEN

Verwacht wordt dat verontreinigingen aan de onderkant van de stort zullen uit treden, hetgeen zal leiden tot een verslechtering van de kwaliteit van het diepe grondwater in de omgeving. De in dit hoofdstuk gepresenteerde beheersmaatregelen dienen verslechtering van de kwaliteit van het diepe grondwater te voorkomen. De beheersmaatregelen worden opgestart, nadat een significante achteruitgang van de grondwaterkwaliteit door het monitoringsysteem is vastgesteld, maar voordat de verontreinigingssituatie onbeheersbaar is geworden. In deze paragraaf worden geohydrologische en civieltechnische beheersmaatregelen of combinaties daarvan gepresenteerd, die in aanmerking komen om het beoogde doel (volledige beheersing) te realiseren.

Globaal worden de volgende maatregelen onderscheiden:

- geohydrologische maatregelen; door middel van een geforceerde verandering van de grondwaterstroming wordt verontreinigd grondwater op zijn plaats gehouden. Dit gebeurt middels onttrekkingen en/of infiltratie via pomputten of drains;
- civieltechnische maatregelen: het fysisch scheiden van een verontreinigde lokatie (bijvoorbeeld ondoorlatende wanden, afdichtingen of immobilisatie) van de niet-verontreinigde omgeving;
- combinatievarianten; door het toepassen van zowel geohydrologische als civieltechnische maatregelen wordt in sommige gevallen een beheersvariant geoptimaliseerd.

In overleg met de opdrachtgever is tevens een multifunctionele ontgravingsvariant opgenomen. Deze maatregel beoogt een volledige ontgraving en verwerking van de stort en tevens de inrichting van een nieuwe golfbaan. Geraamd wordt dat 10% van het stortvolume ter verbranding naar de AVR wordt afgevoerd. Het resterende deel wordt naar een te realiseren depot afgevoerd. De geraamde kosten van deze variant bedragen circa f 420.000.000,- (AVR: f 240.000.000,-; depot f 180.000.000,-). De multifunctionele variant is als een referentie opgenomen. De maatregel wordt verder niet in overweging genomen.

Concreet doen zich voor de Coupépolder de volgende potentiële beheersvarianten voor:

- grondwateronttrekkingen via drains en 1 of meerdere pompputten;
- grondwateronttrekkingen op de volgende lokaties:
 - * onder de hele stort, in het eerste watervoerend pakket;
 - * onder de geulafzettingen, in het eerste watervoerend pakket;
 - * stroomafwaarts van de stort in het eerste watervoerend pakket;
 - * in de zandige geulafzettingen;
- grondwateronttrekkingen in combinatie met een boven- of onderafdichting van de stort of in combinatie met ondoorlatende wanden rondom de stort die reiken tot de eerste scheidende laag (45 meter beneden maaiveld (= m-m.v.));
- geforceerde infiltratie in het watervoerend pakket onder de stort, waardoor de verticale infiltratie in opwaartse kwel wordt omgekeerd;
- immobilisatie, waardoor het afval via chemische toevoegingen in een monoliet (steenachtige structuur) wordt veranderd, die niet of nauwelijks uitlooft.

Beheersing door middel van grondwateronttrekkingen in de holocene deklaag is geen reële mogelijkheid, omdat grondwateronttrekkingen in sterk kleiige of venige lagen niet effectief worden geacht.

In de volgende paragraaf worden de potentiële beheersvarianten kort toegelicht.

4.2 TOELICHTING BEHEERSVARIANTEN

In tabel 8 worden 8 groepen beheersmaatregelen onderscheiden. Deze zijn in 28 afzonderlijke beheersvarianten uitgesplitst. In verband met eventuele risico's door het ontwijken van gassen uit de stort zijn bij de hydrologische beheersmaatregelen zowel varianten zonder als met bovenafdichting uitgewerkt. In [3] is een onderzoek naar het ontwijken van gassen uit de stort beschreven.

Tabel 8. Overzicht beheersvarianten

Beheersmaatregelen	Zonder bovenafdichting	Met bovenafdichting
grondwateronttrekking onder de gehele stort	1, 2, 3	4, 5, 6
grondwateronttrekking onder de geulafzettingen	7, 8, 9	10, 11, 12
grondwateronttrekking stroomafwaarts	13, 14	15, 16
grondwateronttrekking in de geulafzetting	17, 18	19, 20
geforceerde infiltratie	25	26
immobilisatie	27	
lokale verbranding	28	
combinaties van civiele en hydrologische varianten	22, 23, 24	

In figuur 1 zijn voor alle varianten schematische dwarsdoorsneden gegeven.

Beheersvariant 1

Grondwateronttrekking onder de hele stort, met meerdere pompputten.

Over de hele lokatie verspreid worden 20 pompputten geïnstalleerd, die aan de bovenzijde van het eerste watervoerend pakket grondwater onttrekken. Bij deze variant wordt er rekening mee gehouden, dat verontreinigingen ook via het holocene kleipakket het watervoerend pakket onder de stort kunnen bereiken. Het verwachte debiet bedraagt maximaal 80 m³/uur (± 20 m³/uur).

Beheersvariant 2

Grondwateronttrekking onder de hele stort, met 1 pompput.

Als variant 1, maar dan met 1 centrale pompput. Met 1 pompput moet meer moeite worden gedaan om zich stroomafwaarts bevindend verontreinigd grondwater te beheersen. Het verwachte debiet bedraagt circa 100 m³/uur (± 20 m³/uur).

Beheersvariant 3

Grondwateronttrekking onder hele stort, met drains.

Als variant 1, maar dan met 4 drains in plaats van 20 pompputten. De drains worden via de "no-dig" methode aan de bovenzijde van het eerste watervoerend pakket geïnstalleerd. Hiertoe dienen naast de stort 8 bouwputten tot circa 14 m diepte te worden aangelegd. Het verwachte debiet bedraagt circa 60 m³/uur (± 20 m³/uur).

Beheersvariant 4

Grondwateronttrekking onder hele stort, met meerdere pompputten, inclusief bovenafdichting.

Als variant 1, echter uitgebreid met een ondoorlatende bovenafdichting, indien er risico's zijn door de ontwijking van stortgassen. De bovenafdichting heeft 2 hoofdfuncties: voorkomen/reduceren percolaatvorming en voorkomen ongecontroleerde ontgassing. Een bovenafdichting is uit 4 lagen opgebouwd, van boven naar beneden: teelaarde/vegetatielaag, drainagelaag, afdichtingslaag en ontgassings-/steunlaag. De totale dikte van de bovenafdichting varieert in de praktijk tussen de 1,5 en 2 m. Een en ander is afhankelijk van de randvoorwaarden gesteld door de lokatie (bijvoorbeeld vorm stortlichaam, eigenschappen gestort materiaal) en de toe te kennen gebruiksfunctie (bijvoorbeeld vegetatie). De afdichtingslaag wordt uit zand-bentoniet opgebouwd in aansluiting met het gebruikte materiaal bij de gerealiseerde taludafdichting [1]. Het neerslagoverschot (circa 60.000 m³/jaar) wordt via de drainagelaag afgevoerd (onder vrij verval) en op de ringgreppel en de Kromme Aar geloosd. Het stortgas wordt door 25 gasputten (0,8 ha per put) onttrokken en middels verzamelleidingen naar een gasunit getransporteerd. In de gasunit wordt het gas geschikt gemaakt voor verbranding en uiteindelijk in een hoge temperatuur fakkelinstallatie (500 N m³/uur, voldoet aan Duitse normen) verbrand. Een raming van de investeringskosten wordt in bijlage 3 gegeven.

Een beperkte aanpassing en verbetering van de bestaande bovenafdekking dient naar verwachting plaats te vinden over een kwart van het terrein en kost circa f 1.000.000,--.

Voeding van freatisch grondwater door het neerslagoverschot vindt na bovenafdichting niet meer plaats. Het grondwaterpeil in de stort wordt daardoor lager. De drijvende kracht voor grondwaterstroming naar het eerste watervoerend pakket wordt navenant minder. De hoeveelheid grondwater, die door het beheerssysteem wordt onttrokken, neemt af met circa 10 m³/uur tot maximaal 70 m³/uur (\pm 20 m³/uur).

Een damwand tot circa 8 m diepte, langs het Heemgebied en op het snijvlak van de geulafzettingen met het Aarkanaal, wordt als een integraal onderdeel van een bovenafdichting beschouwd. Indien deze damwand niet zou worden aangebracht, blijft het omringende boezemwater het grondwater in de stort voeden.

Beheersvariant 5

Grondwateronttrekking onder hele stort, met 1 pompput, inclusief bovenafdichting.

Als variant 2, maar met bovenafdichting. Het verwachte debiet bedraagt circa 90 m³/uur (\pm 20 m³/uur).

Beheersvariant 6

Grondwateronttrekking onder hele stort, met drains, inclusief bovenafdichting.

Als variant 3, maar inclusief bovenafdichting. Het verwachte debiet bedraagt circa 50 m³/uur (\pm 20 m³/uur).

Beheersvariant 7

Grondwateronttrekking onder geulafzettingen, met meerdere pompputten.

Het uitgangspunt van een grondwateronttrekking onder de geulafzettingen is, dat de verspreiding van verontreinigingen naar het eerste watervoerend pakket alleen via de geulafzettingen plaatsvindt. Het beheerssysteem is in principe gelijk aan beheersvariant 1. Omdat de geulafzettingen circa 50% van het stortoppervlak beslaan (figuur 2), is het aantal pompputten uit variant 1, 20 stuks, gehalveerd. Het verwachte debiet bedraagt maximaal 50 m³/uur (\pm 20 m³/uur).

Beheersvariant 8

Grondwateronttrekking onder geulafzettingen, met 1 pompput.

Als variant 7, maar met 1 pompput in plaats van 10 pompputten. Het verwachte debiet bedraagt circa 55 m³/uur (\pm 15 m³/uur).

Beheersvariant 9

Grondwateronttrekking onder geulafzettingen, met drains.

Als variant 7, maar in plaats van pompputten, worden 2 drains aan de bovenzijde van het eerste watervoerend pakket geïnstalleerd. Het verwachte debiet bedraagt circa 35 m³/uur (\pm 10 m³/uur).

Beheersvariant 10

Grondwateronttrekking onder geulafzettingen, met meerdere pompputten, inclusief bovenafdichting.

Als variant 7, maar met een bovenafdichting. Het verwachte debiet bedraagt circa 40 m³/uur (\pm 15 m³/uur).

Beheersvariant 11

Grondwateronttrekking onder geulafzettingen, met 1 pompput, inclusief bovenafdichting.

Als variant 8, maar inclusief bovenafdichting. Het verwachte debiet bedraagt circa 45 m³/uur (\pm 10 m³/uur).

Beheersvariant 12

Grondwateronttrekking onder geulafzettingen, met drains, inclusief bovenafdichting.

Als variant 9, plus bovenafdichting. Het verwachte debiet bedraagt circa 30 m³/uur (\pm 10 m³/uur).

Beheersvariant 13

Grondwateronttrekking stroomafwaarts, met meerdere pompputten.

Bij deze variant wordt van het gegeven gebruik gemaakt, dat de natuurlijke grondwaterstroming in het eerste watervoerend pakket verontreinigingen naar de noordzijde van de stortplaats transporteert. Door langs de noordzijde van de stort meerdere onttrekkingsputten te plaatsen (figuur 2), blijft een tijdig gesignaleerde verslechtering van de grondwaterkwaliteit beheersbaar.

In het algemeen kan worden gesteld, dat naarmate onder de lokatie meer in noordelijke richting wordt beheerst, met kleinere debieten kan worden volstaan. Dit komt voort uit het feit, dat het meer moeite kost om een zich stroomafwaarts bevindende verontreiniging naar de pompput te leiden. Een onttrekkingsstelsel dat op een relatief stroomafwaartse positie ligt, fungeert als het ware als een vergaarbak voor verontreinigd grondwater. Het bij beheersvariant 13 behorende debiet bedraagt maximaal circa 50 m³/uur.

Beheersvariant 14

Grondwateronttrekking stroomafwaarts, met 1 pompput.

Als variant 13, maar met 1 pompput. Om een gelijke mate van beheersing te bereiken als in variant 13 (met name over de breedte van het stromingsveld), dient een grotere hoeveelheid grondwater te worden onttrokken. Het verwachte debiet bedraagt circa 60 m³/uur.

Beheersvariant 15

Grondwateronttrekking stroomafwaarts, met meerdere pompputten, inclusief bovenafdichting.

Als variant 13, maar met bovenafdichting, waardoor het debiet circa 10 m³/uur lager wordt. Het verwachte debiet bedraagt circa 40 m³/uur.

Beheersvariant 16

Grondwateronttrekking stroomafwaarts, met 1 pompput, inclusief bovenafdichting.

Als variant 14, maar met bovenafdichting. Het verwachte debiet bedraagt circa 50 m³/uur.

Beheersvariant 17

Grondwateronttrekking in de geulafzettingen, met meerdere pompputten.

Door niet onder (variant 7 t/m 12), maar in de geulafzettingen grondwater te onttrekken, wordt met een lager debiet volstaan. Dit is een gevolg van het kleinere doorlaatvermogen voor water van de geulafzettingen ten opzichte van het eerste watervoerend pakket. Door het onregelmatig voorkomen van relatief kleine klei- en zandlenzen (inhomogeniteit) zijn zeker 70 pompputten nodig om te voorkomen, dat verontreinigingen in het grondwater het watervoerend pakket bereiken. Het totale debiet bij variant 17 bedraagt circa 20 m³/uur.

Beheersvariant 18

Grondwateronttrekking in de geulafzettingen, met drains.

Als variant 17, maar in plaats van 70 pompputten, 4 drains (vergelijk met variant 3). Het grondwater wordt in een centrale pompput met een debiet van circa 15 m³/uur) onttrokken.

Beheersvariant 19

Grondwateronttrekking in de geulafzetting, met meerdere pompputten, inclusief bovenafdichting.

Als variant 17, maar met een bovenafdichting. In dat geval neemt het totale debiet af tot circa 7 m³/uur.

Beheersvariant 20

Grondwateronttrekking in de geulafzetting, met drains, inclusief bovenafdichting.

Als variant 18, maar met een bovenafdichting. Door de bovenafdichting neemt het debiet af tot circa 5 m³/uur.

Beheersvariant 21

Open kuip met waterafsluitende onderafdichting (onderzijde NAP -12 m), wateronttrekking.

Bij deze variant ligt het accent op het aanbrengen van een horizontale afdichting. Met behulp van injectiebuisen worden chemicaliën in de grond gebracht, waardoor de grondkorrels aaneen kitten. Het doel is om een ondoorlatende massa te laten ontstaan. De injectiebuisen worden zo geplaatst (in een rasterpatroon), dat de invloedssferen elkaar overlappen.

Dit kan zowel in een verticaal als horizontaal vlak. De volgende chemische middelen kunnen worden toegepast: bentoniet-cement, microcement en een zogenaamde "soft-gel". De laatstgenoemde is het meest duurzaam.

Door rondom de stort tot een diepte van circa 8 à 10 m-m.v. ook damwanden aan te brengen, ontstaat een afgesloten kuip. Overbodig neerslagwater wordt via het ringdrainagesysteem afgevoerd. Het debiet wordt geraamd op circa 20 m³/uur.

Beheersvariant 22

Gesloten kuip met onderafdichting (onderzijde NAP -12 m) en bovenafdichting, wateronttrekking.

Als variant 21, maar met een bovenafdichting. Lekwater door de damwanden wordt via het ringdrainagesysteem afgevoerd (circa 10 m³/uur).

Beheersvariant 23

Open kuip met verticale bentoniet-wanden tot NAP -45 m, wateronttrekking.

Bij deze variant wordt rondom de stort een verticale bentoniet-cement-wand tot op de eerste scheidende laag aangebracht. De eerste scheidende laag fungeert als onderafdichting van de kuip. Overtollig neerslagwater wordt via het ringdrainagesysteem afgevoerd (20 m³/uur).

Beheersvariant 24

Gesloten kuip met verticale bentoniet-wanden tot NAP -45 m en bovenafdichting, wateronttrekking.

Als variant 23, maar met een bovenafdichting. Eventueel lekwater wordt via het ringdrainagesysteem afgevoerd (10 m³/uur).

Beheersvariant 25

Geforceerde infiltratie onder de hele stort.

Met dit systeem wordt de verticale waterstroming in een opwaartse richting omgekeerd. Daartoe dient onder de stort door middel van een groot aantal injectieputten circa 1.500 m³/uur (= 13 miljoen m³/jaar) te worden geïnfiltrerd. De waterdruk moet dan tenminste op het niveau van het freatisch grondwater worden gebracht en liefst nog hoger om dichtheidstroming te voorkomen. Het ringdrainagesysteem dient het verontreinigde overtollige grondwater af te voeren. Het te injecteren water dient elders uit een watervoerend pakket te worden gewonnen.

Beheersvariant 26

Geforceerde infiltratie onder de hele stort, inclusief bovenafdichting.

Als variant 25, maar met bovenafdichting. Als gevolg van de bovenafdichting daalt het freatisch peil in de stort. De hoeveelheid te infiltreren water onder de stort ter omkering van de stromingsrichting, is diensgevolg minder en wordt op circa 1.000 m³/uur (9 miljoen m³/jaar) geraamd. Het ringdrainagesysteem voert het verontreinigde overtollige water af.

Beheersvariant 27

Immobilisatie in situ.

Deze variant is op het voorbehandelen van afval gebaseerd, zodat uitloging van verontreinigingen ook op lange termijn wordt voorkomen. De methode berust op een (chemische) fixatie van de verontreinigingen door middel van gemodificeerde kleimineralen. Per soort verontreiniging wordt bekeken welke toeslagstoffen benodigd zijn. Vervolgens wordt een fysische consolidatie met behulp van cement verkregen. Het resultaat heeft de karakteristieken van een betonachtig eindprodukt (een zogenaamde monoliet). Een algemene toelichting over immobilisatie wordt in bijlage 6 gegeven.

Uitvoeringstechnisch betekent dit dat er over de stort een soort overkapping moet worden gebouwd waarin een overdruk heerst. Mensen binnen de overkapping dienen permanent van perslucht gebruik te maken. Stap voor stap wordt afval uit de stort ontgraven, waarbij onder andere grote objecten en vaten worden afgevoerd. Het "kleine" afval blijft liggen en wordt geïmmobiliseerd en vervolgens in de ontgraving gedumpt. Vaten en dergelijke objecten dienen voor verbranding aan de AVR te worden aangeboden. Geraamd is dat 10% (200.000 m³) van het stortvolume naar de AVR wordt afgevoerd en verwerkt (à f 800,-- per ton). Het resterende deel wordt à f 125,-- per ton geïmmobiliseerd.

Beheersvariant 28

Lokale verbranding.

Ter referentie is een variant opgenomen die een volledige verwerking van het stortmateriaal tot doel heeft. Dit gebeurt door met een mobiele installatie (voorzien van de benodigde filters) het stortmateriaal op lokatie te verbranden.

5. EVALUATIE BEHEERSVARIANTEN

5.1 ALGEMEEN

In dit hoofdstuk worden de in het vorige hoofdstuk gepresenteerde beheersvarianten onderling geëvalueerd. Deze evaluatie vindt plaats op basis van de volgende toetsingscriteria:

- uitvoerbaarheid;
- flexibiliteit;
- monitoorbaarheid;
- effect op het ringdrainagesysteem;
- maatschappelijke effecten;
- bestuurlijke betrokkenheid;
- restrisico's;
- financiële aspecten.

5.2 TOETSINGSCRITERIA

In de evaluatie is aan elke variant per toetsingscriterium een waardering tussen 1 en 10 toegekend. De waardering (score) 1 betekent ongunstig (bijvoorbeeld hoge kosten, hoog restrisico). De score 10 is gunstig. De toekenning van de score is tot stand gekomen op basis van kennis en ervaring van diverse deskundigen en is niet zonder meer mathematisch te herleiden tot basisgegevens. Met nadruk wordt erop gewezen, dat de score geen absolute grootheid is, maar een best mogelijke inschatting. Voor het berekenen van een eindscore (of totaalscore) per variant bestaat geen standaard-recept (wegingsfactoren ontbreken). Om toch een redelijke indruk te krijgen hoe de varianten onderling scoren, zijn ten aanzien van de wegingsfactoren aannamen gedaan.

Onderstaand wordt per criterium uiteengezet waarom, hetzij een positieve (hoge score), hetzij een negatieve waardering (lage score) aan een bepaald aspect wordt gegeven. In bijlage 4 is een gekwantificeerd overzicht van deze waarden gegeven.

5.2.1 Uitvoerbaarheid

Algemeen

Met dit criterium wordt beoordeeld in hoeverre het mogelijk is om een beheersmaatregel technisch verantwoord uit te voeren. Hierbij kan onder meer onderscheid worden gemaakt in:

- praktijkervaring;
- risico's tijdens de installatie;
- duurzaamheid van het systeem.

Waardering

Op basis van het ontbreken van praktijkervaring wordt het aanbrengen van drains onder de stort, immobilisatie van stortmateriaal en het aanbrengen van een onderafdichting als negatief beoordeeld.

Omdat zich tijdens het installeren van pompputten door het stortlichaam, het aanbrengen van drains onder het stortlichaam, het injecteren van een onderafsluiting en het immobiliseren c.q. ontgraven van afval calamiteiten in de zin van explosies, gasontwikkeling, lek prikken en instort-gevaar kunnen voordoen, worden deze maatregelen negatief beoordeeld.

De duurzaamheid van een onderafdichting (aantasting en mate van waterdichtheid), bentonietwanden (aantasting en waterdichtheid), drains (beschadiging door gronddruk) en immobilisatie is twijfelachtig. Dit is mede een gevolg van het ontbreken van praktijkervaring. Deze methoden krijgen daarom een negatieve beoordeling.

5.2.2 Flexibiliteit

Algemeen

Met flexibiliteit wordt bedoeld hoe gemakkelijk een bepaald beheerssysteem op gewijzigde omstandigheden kan reageren. Onder gewijzigde omstandigheden wordt verstaan:

- veranderingen in het emissiepatroon van de stort (bijvoorbeeld; het grondwater raakt op andere plaatsen verontreinigd);
- het optreden van calamiteiten (lek raken van afdichtingen of het uitvallen van pompputten).

Waardering

Een systeem dat bestaat uit meerdere wateronttrekkingsmiddelen, is per definitie flexibel. Daar waar nodig kunnen pompen worden aan- of uitgezet, het debiet is regelbaar en taken van andere pompputten kunnen worden overgenomen. Bij een systeem bestaande uit 1 onttrekkingsmiddel, is dit niet het geval. Een dergelijk systeem krijgt daarom een negatieve beoordeling. Systemen gebaseerd op ondoorlatende afdichtingen, kunnen lek raken (door installatiefouten of door aantasting), waardoor de omgeving verontreinigd raakt. Op een dergelijke calamiteit kan niet flexibel worden gereageerd. Het vergt de nodige inspanningen om het ontstane probleem te signaleren en op te lossen. Dergelijke systemen worden daarom negatief beoordeeld.

5.2.3 Monitoorbaarheid

Algemeen

Met het begrip monitoorbaarheid wordt bedoeld in hoeverre op basis van een redelijke organisatorische en financiële inspanning een monitoringsysteem kan worden opgezet, waarvan de trefkans (de kans van het signaleren van een onacceptabele emissie) voldoende hoog is. Aan de hand van de monitoring wordt via een beslismodel een bepaalde beheersvariant al dan niet (eventueel gedeeltelijk) in werking gesteld. De beheersvariant en het monitoringsysteem zijn op elkaar afgestemd. Zo heeft het geen zin om stroomafwaarts van de stort te gaan monitoren als het beheerssysteem zich erop richt verspreiding van verontreinigingen via de geulafzettingen naar het eerste watervoerend pakket te voorkomen.

Er zijn globaal 3 monitoringsvarianten te onderscheiden:

1. monitoring in de holocene deklaag (inclusief geulafzettingen);
2. monitoring onder de stort in het eerste watervoerend pakket;
3. monitoring stroomafwaarts van de stort in het eerste watervoerend pakket.

Aan monitoringsvariant 1 is een beheersvariant gekoppeld, waarbij in de geulafzettingen grondwater wordt onttrokken.

Bij monitoringsvariant 2 horen de volgende beheersvarianten:

- impermeabele onderlaag;
- bentoniet-wanden;
- geforceerde infiltratie;
- immobilisatie;
- grondwateronttrekking onder het stortlichaam in het eerste watervoerend pakket.

Beheersmaatregelen die stroomafwaarts van de stort plaatsvinden, zijn aan monitoringsvariant 3 gekoppeld.

De monitoringsintensiteit is de inspanning ten behoeve van monitoring en is uit de volgende elementen opgebouwd:

- aantal meetpunten op het terrein;
- frequentie monsternamen;
- analysepakket.

Om een monitoringsysteem te ontwerpen, dienen de volgende basisgegevens te worden verzameld:

- bodemopbouw;
- verspreidingswegen- en snelheden;
- lay-out van de lokatie met potentieel gevaarlijke zones en overige randvoorwaarden.

Het ontwerp van een monitoringsysteem gebeurt aan de hand van de volgende criteria:

- monitoringsdiepte (n);
- detectiesnelheid;
- trefkans;
- signaalwaarde (concentratie tracerparameter).

In fase 2 van het onderzoek wordt, nadat in fase 1 een keuze voor een bepaalde beheersvariant is gemaakt, nader op het monitoringsysteem ingegaan.

Waardering

De bodemopbouw en de verspreidingswegen en -snelheden bepalen in belangrijke mate de monitoringsintensiteit. In het algemeen geldt, dat naarmate de bodemopbouw inhomogener is, het grondwater en daarin opgeloste stoffen onregelmatiger stroomt. Bij een sterk inhomogene bodemopbouw (zoals in de geulafzettingen) is de grondwaterbeweging dermate onregelmatig, dat de monitoringsintensiteit relatief hoog zal moeten worden. Indien er onder de stort wordt gemonitord, bedraagt de doorstroomde oppervlakte (waardoor de verspreiding kan optreden) een factor 14 vergeleken met stroomafwaartse monitoring. De monitoringsintensiteit is navenant groter. De monitoorbaarheid behorend bij een bepaalde beheersvariant, is op basis van het bovenstaande als volgt beoordeeld:

- stroomafwaartse monitoring in het eerste watervoerend pakket: positief;
- monitoring onder de stort in het eerste watervoerend pakket: negatief;
- monitoring in de geulafzettingen: zeer negatief.

Bij beheersvarianten die uitgaan van bentoniet-wanden of geforceerde infiltratie, is een neutrale beoordeling gegeven, omdat er meerdere monitoringsystemen kunnen worden toegepast. Tenslotte dient te worden vermeld, dat ook na installatie van een beheerssysteem de monitoring op een bepaalde wijze moet worden voortgezet. De monitoring dient in dat geval om de werking van het beheerssysteem te kunnen controleren.

5.2.4 Effect op het ringdrainagesysteem

Het ringdrainagesysteem is ontworpen om de horizontale uittrekking van percolaatwater uit de stort op een milieuhygiënisch verantwoorde wijze te laten verlopen. Door het treffen van beheersmaatregelen voor het diepe grondwater wordt de werking van het ringdrainagesysteem beïnvloed. Dit uit zich in een verandering van het (gemiddelde) debiet van het ringdrainagesysteem. Door het aanbrengen van een bovenafdichting in combinatie met een geforceerde grondwaterpeilverlaging in de stort, neemt het ringdrainagedebiet in bepaalde mate af.

Waardering

Een afname van het ringdrainagedebiet is als positief beoordeeld, omdat de zuiveringslasten lager worden. In sommige gevallen vindt een sterkere afname van het ringdrainagedebiet plaats. Dit doet zich voor bij een bovenafdichting in combinatie met een onttrekking in de geulafzettingen of onder de stort. Deze opties zijn het meest positief beoordeeld. Beheersvarianten, waarbij het ringdrainagedebiet niet veranderd, zijn als neutraal beoordeeld. Een toename van dit debiet, bij het middels waterinjectie omzetten van de infiltratiesituatie in een kwelsituatie (variant 25), wordt negatief beoordeeld.

5.2.5 Maatschappelijke effecten

Algemeen

Met maatschappelijke effecten worden bedoeld, die effecten die van invloed zijn op de gebruiksfunctie van de lokatie. De lokatie is vrij toegankelijk voor het publiek en heeft een recreatieve functie; het terrein wordt als golfbaan geëxploiteerd.

De volgende maatschappelijke effecten worden beoordeeld:

- effecten ten gevolge van de installatie van beheerssystemen;
- effecten door het aanbrengen van een bovenafdichting;
- effecten door monitoring en onderhoudswerkzaamheden tijdens de beheersing.

Waardering

Algemeen wordt er geen positieve waardering aan de maatschappelijke effecten toegekend (maximaal: neutraal). Een negatieve waardering is aan de uitvoering van werkzaamheden op de lokatie, die betrekking hebben op het installeren van meerdere pompputten, drains en een onderafdichting, toegekend. Recreatieve activiteiten worden in dergelijke gevallen beperkt.

Indien een bovenafdichting wordt aangebracht, zijn gedurende 1 à 2 seizoenen geen golfactiviteiten mogelijk. Dit effect is eveneens als negatief beoordeeld.

Indien er verspreid over de lokatie vele pompputten zijn geïnstalleerd, brengt dit een intensief onderhouds- en monitoringsprogramma met zich mee. Het effect hiervan op de recreatieve functie van de lokatie is negatief beoordeeld.

5.2.6 Bestuurlijke betrokkenheid

Algemeen

Bij een aantal beheersvarianten is bestuurlijke zorg bij zowel de installatie als het functioneren van het beheerssysteem in relatief grote mate vereist. Hierbij wordt gedacht aan organisatorische en financiële aspecten, indien een belangrijk gedeelte van het werk vanaf de bovenzijde van de stort wordt uitgevoerd. De bestuurlijke betrokkenheid is groter naarmate de wijze van beheersing intensiever is. Hiermee wordt bedoeld dat bij meer onttrekkingsmiddelen meer tijd door overheidsinstanties moet worden gereserveerd voor de evaluatie van meetgegevens en het functioneren van het beheerssysteem. Hetzelfde geldt voor systemen waarvan de duurzaamheid onvoldoende is gegarandeerd.

Waardering

Elke hiervoor beschreven beheersvariant vereist een bepaalde mate van bestuurlijke betrokkenheid. Naarmate die zorg groter is, wordt de beoordeling meer negatief. De meest positieve waardering is een neutrale, met als uitgangspunt dat de daarbij behorende bestuurlijke zorg minimaal is. Dit geldt onder meer voor varianten waar stroomafwaarts wordt beheerd en geen bovenafdichting wordt toegepast. Varianten waarin sprake is van het aanbrengen van een bovenafdichting in combinatie met meerdere pompputten onder stort, en varianten waarin een onderafdichting wordt toegepast, zijn op het aspect van bestuurlijke zorg zeer negatief beoordeeld.

5.2.7 Restrisico's

Algemeen

Als uitgangspunt voor de beheersmaatregelen geldt, dat de verontreinigingssituatie volledig beheersbaar moet blijven. Met andere woorden; de beheersing dient volledig te zijn.

Restrisico's treden op, indien:

- het debiet van een pompput te laag is;
- civieltechnische systemen, zoals bijvoorbeeld verticale wanden, afsluitende onderlagen of bovenafdichtingen, onvoldoende duurzaam zijn (lek raken);
- de geohydrologische situatie (slecht doorlatende bodem, inhomogene bodem en dergelijke) zodanig is, dat het correct functioneren van een beheerssysteem onvoldoende controleerbaar is.

Waardering

Beheerssystemen waarbij sprake is van onttrekking in het eerste watervoerend pakket al dan niet in combinatie met een bovenafdichting, worden op het aspect van restrisico's in het algemeen positief beoordeeld. Dit is niet het geval indien er alleen onder de geulafzettingen wordt onttrokken. Mocht er dan toch een onacceptabele verontreinigingssituatie elders onder de stort ontstaan, dan kan beheersing daarvan niet worden gegarandeerd.

Varianten waarbij sprake is van bentoniet-wanden, onderafdichtingen, geforceerde infiltratie en immobilisatie, zijn wat betreft de restrisico's, als negatief beoordeeld. Ook varianten waarbij een grondwateronttrekking in de geulafzettingen plaatsvindt, kunnen ongewenste verspreiding van verontreinigingen naar het eerste watervoerend pakket niet uitsluiten. Dit komt met name door de inhomogene opbouw van deze afzettingen, waardoor het volledig beheersen met pompputten of drains onvoldoende kan worden gegarandeerd. Deze varianten krijgen derhalve een negatieve beoordeling.

5.2.8 Financiële aspecten

Algemeen

Voor elke variant is een begroting van de investeringskosten en de jaarlijkse exploitatiekosten opgesteld.

De investeringskosten worden door de volgende posten gevormd:

- boorwerk;
- putten en drains;
- pompen;
- elektrische installatie;
- afvoer vrijgekomen grond;
- veiligheidsvoorzieningen;
- hulpconstructies;
- leidingen;
- bovenafdichting inclusief opvang en afvoer van het neerslagoverschot, ontgassing en fakkelininstallatie;
- bentoniet-wanden;
- onderafdichting;

- immobilisatie;
- herstellen van golfbaan en vegetatie;
- zuiveringsinstallatie.

De volgende posten bepalen de jaarlijkse exploitatiekosten:

- elektriciteit;
- heffing in verband met grondwateronttrekking;
- monitoring influent en effluent;
- onderhoud (algemeen);
- zuivering;
- ontgassing en affakkeling (bij bovenafdichting).

De onnauwkeurigheid van de begroting is in de orde van $\pm 30\%$.

De periode waarover dient te worden beheerd, is in principe oneindig. Het kan echter gebeuren, dat in de toekomst gewijzigde inzichten of nieuwe technieken naar voren komen, die een andere aanpak van de milieuhygiënische problematiek van de Coupépolder met zich meebrengen. De varianten zijn daarom onderling vergeleken, uitgaande van een beperkte beheersduur van 50 jaar. Voor elke variant is een contante waarde berekend (het bedrag dat nu moet worden gereserveerd om gedurende een periode van 50 jaar kostendekkend te zijn).

Uitgangspunten voor de contante waardeberekening zijn:

- de effectieve rente (= werkelijke rente (9%) minus inflatie (4%)) bedraagt 5%;
- na 25 jaar vindt een herinvestering plaats ter waarde van tweederde van de kosten van de zuiveringsinstallatie.

Waardering

Een "goedkope" beheersvariant betekent niet zonder meer, dat het een "goede" beheersvariant is. Indien de orde groottes van de contante waarden elkaar niet te veel ontlopen, dienen in eerste instantie de varianten op basis van de hiervoor besproken toetsingscriteria te worden afgewogen. De overblijvende geschikte beheersvarianten worden vervolgens op basis van financiële aspecten met elkaar vergeleken.

Een waardering is in dit stadium dus niet zonder meer te geven. De totale kosten van de meeste varianten liggen tussen f 45.000.000,-- en f 95.000.000,--. 4 varianten overschrijden het bedrag van f 100.000.000,--, met als uitschieter de immobilisatievariant: f 580.000.000,--. Als referentie zijn de kosten berekend van het ter plaatse verbranden van het afval. Dit kost f 1.500.000.000,--.

Tabel 8.

Beheersalternatieven (zie ook bijlage 4)	Q m ³ /uur ringdrainage	Q m ³ /uur diep grondwater	Duur (jaren)	Concentratie	Monitor- baarheid	Uitvoer- baarheid	Effect op ringdrainage	Bestuur- lijk	Maatschap	Rest- risico's	Flexi- biliteit	Q m ³ /uur totaal	Investing x.f. 10 ⁶	Exploitatie x.f. 10 ⁶	Contante waarde x.f. 10 ⁶	Som- score
1. Zonder bovenafdichting onder hele stort meerdere putten	20	60-100	∞	0,01-0,10	3	3	7	2	2	9	8	100	9,96	3,50	78,79	41
2. Zonder bovenafdichting onder hele stort 1 pompput	20	80-120	∞	0,01-0,10	3	5	7	6	6	9	4	120	9,98	3,82	84,92	46
3. Zonder bovenafdichting onder hele stort drains	20	45-80	∞	0,01-0,10	3	2	9	4	4	9	6	80	18,57	2,89	75,42	42
4. Met bovenafdichting onder hele stort meerdere pompputten	0	50-90	∞	0,01-0,10	3	3	9	1	1	9	8	70	32,29	2,74	86,16	40
5. Met bovenafdichting onder hele stort 1 pompput	0	70-110	∞	0,01-0,10	3	5	9	4	4	9	4	90	32,41	3,13	93,95	44
6. Met bovenafdichting onder hele stort drains	0	35-70	∞	0,01-0,10	3	2	9	2	4	9	6	50	38,42	2,30	83,33	41
7. Zonder bovenafdichting onder geulafzetting meerdere pompputten	20	35-60	∞	0,01-0,10	3	3	7	2	4	5	8	70	8,64	2,61	60,15	40
8. Zonder bovenafdichting onder geulafzetting 1 pompput	20	45-65	∞	0,01-0,10	3	5	7	6	6	5	4	75	8,29	2,67	61,02	43
9. Zonder bovenafdichting onder geulafzetting drains	20	25-45	∞	0,01-0,10	3	2	7	4	4	5	6	55	12,94	2,48	61,39	38
10. Met bovenafdichting onder geulafzetting meerdere pompputten	0	25-50	∞	0,01-0,10	3	3	9	1	2	5	8	40	28,62	1,92	66,11	38
11. Met bovenafdichting onder geulafzetting 1 pompput	0	35-55	∞	0,01-0,10	3	5	9	4	4	5	4	45	28,39	2,04	68,21	41
12. Met bovenafdichting onder geulafzetting drains	0	20-35	∞	0,01-0,10	3	2	9	2	4	5	6	30	35,68	1,83	71,54	38
13. Zonder bovenafdichting stroomafwaarts 1e WVP meerdere pompputten	20	50	∞	0,01-0,10	9	9	5	6	6	9	8	70	8,34	2,60	59,52	60
14. Zonder bovenafdichting stroomafwaarts 1e WVP 1 pompput	20	60	∞	0,01-0,10	9	9	5	6	6	9	4	80	8,55	2,83	64,17	55
15. Met bovenafdichting stroomafwaarts 1e WVP meerdere pompputten	0	40	∞	0,01-0,10	9	7	7	4	4	9	8	40	28,37	1,90	65,53	55
16. Met bovenafdichting stroomopwaarts 1e WVP 1 pompput	0	50	∞	0,01-0,10	9	7	7	4	4	9	4	50	28,37	2,24	72,15	51
17. Zonder bovenafdichting in geulafzetting meerdere pompputten	10	20	∞	0,30-0,70	2	4	7	2	2	3	8	30	6,24	2,32	51,45	36
18. Zonder bovenafdichting in geulafzetting drains	10	15	∞	0,30-0,70	2	3	7	4	4	3	6	25	14,51	1,70	47,76	37
19. Met bovenafdichting in geulafzetting meerdere pompputten	10	20	∞	0,50-1,00	2	4	9	1	2	3	8	10	28,39	1,52	58,27	37
20. Met bovenafdichting in geulafzetting drains	0	10	∞	0,50-1,00	2	3	9	2	4	3	6	10	37,13	1,01	57,32	37
21. Impermeabele onderlaag	20	0	∞	0,50-1,00	3	3	5	2	2	3	4	20	169,00	2,00	208,00	25
22. Impermeabele onderlaag + bovenafdichting	0	10	∞	0,50-1,00	3	3	7	1	2	5	4	10	192,00	1,50	221,40	28
23. Bentonietwand rondom stort + drainage	20	0	∞	0,50-1,00	5	4	5	6	4	5	4	20	28,60	22,00	67,60	40
24. Bentoniet + bovenafdichting	0	10	∞	0,50-1,00	5	4	7	4	6	3	4	10	52,20	1,50	81,60	39
25. Geforceerde infiltratie	-	-1.500	∞	n.v.t.	4	4	3	2	2	5	6	-1.500	4,00	6,67	131,30	29
26. Geforceerde infiltratie + bovenafdichting	-	-1.000	∞	n.v.t.	4	4	4	1	2	5	6	-1.000	3,00	4,48	87,90	32
27. Immobilisatie	0	0	∞	n.v.t.	5	3	7	3	1	5	6	-	580,00	-	580,00	32
28. Mobiles verbrandingsinstallatie Weegfactoren	0	0	2,00	n.v.t.	5	3	7	3	1	10	6	-	1.500,00	-	1.500,00	36

5.3 EVALUATIE

In tabel 8 zijn de bij de toetsingscriteria behorende kwalitatieve waardering en de financiële aspecten weergegeven. In de vorige paragraaf is een toelichting gegeven waarom bepaalde aspecten of positief of negatief worden beoordeeld. Voor beide, in de inleiding van paragraaf 5.2, besproken scenario's geldt, dat er globaal 3 identificeerbare clusters van varianten zijn:

- hoge score : variant 13, 14, 15 en 16;
- middelmatige score: variant 1 t/m 12, 17 t/m 20, 23, 24, en 28;
- lage score : variant 21, 22, 25, 26 en 27.

Met name de variant met stroomafwaartse beheersing (meerdere pompputten) zonder bovenafdekking springt er in het cluster "hoge score" uit. De varianten die uitgaan van een impermeabele onderlaag (onderafdichting), scoren het laagst.

Beheersvariant 13 voldoet aan het belangrijkste uitgangspunt, dat een onacceptabele emissie van een verontreiniging uit de hele stort naar het eerste watervoerend pakket volledig kan worden beheerst (figuur 2 en 3). Ook variant 14, 15 en 16 springen er relatief gunstig uit. Bij deze varianten zijn het met name de flexibiliteit, de bestuurlijke zorg en de maatschappelijke effecten die negatief worden beoordeeld. De overige varianten scoren vooral minder op de aspecten monitoorbaarheid en uitvoerbaarheid. Variant 13 behoort tot de goedkopere varianten. In tabel 9 worden de kosten van variant 13 en 15 gegeven.

Tabel 9.

Beheersmaatregel	Investeringskosten	Exploitatiekosten	Netto contante waarde
	(in miljoenen guldens)		
variant 13	7,3 - 8,3	2,6	58,5 - 59,5
variant 15	28,4	1,9	65,5

Uitgegaan is van een netto contante waarde bij een effectieve rente van 5% en een looptijd van 50 jaar.

Indien de huidige bovenafdekking lokaal wordt verbeterd, nemen de kosten van beheersvariant 13 met circa f 1.000.000,- toe. De jaarlijkse exploitatiekosten worden voor circa 95% door zuiveringslasten bepaald. De exploitatiekosten nemen vrijwel evenredig toe met het debiet.

De onzekerheden in de kostenraming worden bepaald door onbekendheid in de kostenontwikkeling in de komende 50 jaar.

Uitgegaan wordt van een zevental pompputten die tot in het eerste watervoerend pakket reiken en van een zuiveringssysteem met het volgende processchema:

- * CFS - zandfiltratie - luchtstrippen - hyperfiltratie

Dit zuiveringssysteem (alternatief 1) is op de verwijdering van chloride tot beneden de norm (200 mg Cl/l) gebaseerd. Het totale debiet bedraagt maximaal (50 + 20) circa 70 m³/uur.

In bijlage 5 zijn op verzoek van de opdrachtgever voor beheersvariant 13 en 15 de totale kosten (contante waarde) en de jaarlijkse exploitatiekosten weergegeven, in afhankelijkheid van de tijdsduur na welke een beheersmaatregel wordt gestart.

6. CONCLUSIES

In dit onderzoek is op basis van milieukundige, technische, financiële, bestuurlijke en maatschappelijke aspecten een evaluatie van potentiële beheersvarianten uitgevoerd, die een onacceptabele verontreiniging van het diepe grondwater onder de Coupépolder dienen te voorkomen.

Beheerssysteem

Indien uit het onderzoek naar vrijkomende stortgassen blijkt, dat het aanbrengen van een bovenafdichting niet noodzakelijk is, dan is de meest geschikte variant een geohydrologisch systeem, bestaande uit 7 pompputten (variant 13) (figuur 3). Deze worden langs de noordzijde van de Kromme Aar gesitueerd. Met de pompputten wordt verontreinigd grondwater uit het eerste watervoerend pakket onttrokken. Afhankelijk van de uitgestrektheid van de verontreinigingssituatie bedraagt het debiet maximaal 50 m³/uur. De beheersing is volledig en heeft een permanent karakter.

Rekening dient te worden gehouden met het vrijkomen van verontreinigd ringdrainagewater (15 tot 25 m³/uur). Gezien de vergelijkbaarheid in type verontreiniging worden beide waterstromen in 1 waterzuiveringsinstallatie behandeld.

De maatregelen uit variant 13, uitgebreid met een bovenafdichting (uitvoeringstechnisch eenvoudig integreerbaar), worden in variant 15 (figuur 3) beschreven. Het debiet, behorend bij deze variant, bedraagt (op termijn) circa 40 m³/uur.

Zuiveringssysteem

Met betrekking tot de beheersmaatregelen voor de Coupépolder dient rekening te worden gehouden met 2 waterstromen die een behandeling moeten ondergaan. Dit betreft het ringdrainagewater (15 tot 25 m³/uur) en het opgepompte diepe grondwater (maximaal 50 m³/uur). Gezien de vergelijkbaarheid in type verontreiniging worden beide waterstromen in 1 zuiveringsinstallatie behandeld. Gezien de beperking van de huidige RWZI is voor dit onderzoek van het lozen van voorgezuiverd water op het boezemwater, dat de Coupépolder omringt, uitgegaan. De systeemkeuze wordt bemoeilijkt door 3 factoren: de verwijdering van chloride, stikstofverbindingen en moeilijk afbreekbare organische verbindingen. Voor de keuze van een adequaat zuiveringssysteem wordt onderscheid gemaakt tussen een situatie waarbij al dan niet een chloridenorm van toepassing is. Het processchema van het goedkoopste alternatief, dat voldoet aan de chloridenorm van dit zuiveringssysteem, is als volgt:

- * CFS - zandfiltratie - luchtstrippen - hyperfiltratie

Kostenraming

Van alle potentiële beheersvarianten behoort variant 13 tevens tot de goedkopere. De investeringskosten bedragen circa *f* 7.300.000,--, waarvan de zuiveringsinstallatie ongeveer *f* 5.900.000,-- voor haar rekening neemt. Indien de huidige deklaag lokaal wordt verbeterd, nemen de investeringskosten met circa *f* 1.000.000,-- toe. De jaarlijkse exploitatiekosten bedragen maximaal ongeveer *f* 2.600.000,-- en worden voor circa 95% door de zuiveringslasten bepaald. De exploitatiekosten nemen vrijwel evenredig toe met het debiet.

De investeringskosten van variant 15 bedragen circa *f* 28.400.000,-- met een jaarlijkse exploitatielast van circa *f* 1.900.000,--.

De netto contante waarde (bij een effectieve rente van 5% en een looptijd van 50 jaar) van variant 13 bedraagt *f* 59.500.000,--. De netto contante waarde van variant 15 bedraagt *f* 65.500.000,--.

7. AANBEVELINGEN

Het advies aan de provincie Zuid-Holland luidt als volgt:

- ☛ Het voorbereiden van een beheerssysteem, dat bestaat uit 7 pompputten, langs de noordzijde van de Kromme Aar, waarmee grondwater uit het eerste watervoerend pakket kan worden onttrokken.
- ☛ Het uitvoeren van een proefzuivering op het vrijkomende ringdrainagewater ter optimalisatie van het gekozen zuiveringssysteem.
- ☛ Het op termijn installeren van een zuivering, waarvan het effluent op het omringende boezemwater wordt geloosd, zolang de huidige randvoorwaarden van het Hoogheemraadschap zich niet wijzigen.

8. LITERATUURLIJST

1. Deelrapportage 1: beheersmaatregelen taluds en oppervlaktewater Coupépolder, IWACO, augustus 1992.
2. Vervolgonderzoek Coupépolder, fase 1b, risico-evaluatie, IWACO-nummer 1804, april 1989.
3. Onderzoek naar het voorkomen van organische componenten in de lucht boven de voormalige vuilstort Coupépolder te Alphen aan den Rijn, DCMR, J. Versijp, nummer BML-91-06, projectnummer 119001, Schiedam, 26 november 1991.

BIJLAGEN