

NV LUCHTHAVEN SCHIPHOL

Voormalige zandwinput "De Nieuwe Meer"

Deel 3: Waterbalans en stoftransport

definitief

Onderwerp : resultaten stappen 4 en 8
Dossier : J 1317-71-001
Datum : 22 september 1995
Ons kenmerk : MT-BD953484

INHOUD**BLAD****INLEIDING**

2	WATERBALANS VAN DE PUT	5
2.1	Bestaande gegevens	5
2.2	Aanvullende gegevens uit consolidatieberekeningen	5
2.3	Stijghoogtemetingen	8
2.4	Nieuwe inrichting gebied	8
3	VERSPREIDING VAN DE VERONTREINIGINGEN	9
3.1	Inleiding	9
3.2	Verspreiding van verontreinigingen in de deklaag	9
3.3	Verspreiding van verontreinigingen in het watervoerend pakket	11
3.4	Berekening verspreiding	12
3.5	Resultaten stoftransportberekeningen	12
3.6	Interpretatie resultaten "worst case"	13
3.7	Effect hogere retardatiefactor	14
3.8	Extra ophoging	15
3.9	Risico voor de volksgezondheid door verspreiding in watervoerend pakket	15
3.10	Conclusies	16
4	MONITORING WATERKWALITEIT	
5	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	19
5.1	Conclusies	19
5.2	Aanbevelingen	21

BIJLAGEN:

1	Stijghoogtemetingen
2	Modellering stoftransport in het watervoerend pakket
3	Resultaten verspreidingsberekeningen

1 INLEIDING

In opdracht van de NV Luchthaven Schiphol wordt door DHV Milieu en Infrastructuur een onderzoek uitgevoerd ter plaatse van de voormalige zandwinput "De Nieuwe Meer", gelegen ten noorden van Schiphol-Noord.

De NVLS is voornemens grond afkomstig van het Schiphol-terrein op de put (40 hectare) en de omringende gebieden (30 hectare) te storten, waarna de gehele locatie wordt afgewerkt als golfbaan met hotelaccommodatie. Deels is op een aantal vakken buiten en op de put al grond aangebracht.

In het kader van het nieuwe inrichtingsplan van de voormalige zandwinput wil de NVLS een goed inzicht hebben in de milieu-risico's van verspreiding van verontreinigingen afkomstig uit de put. Daarnaast wil de NVLS weten welke geotechnische randvoorwaarden gelden bij de inrichting van de put en omgeving teneinde schade aan de golfbaan, nieuwbouw en bestaande omringende bebouwing te voorkomen.

Het gehele onderzoek bestaat uit de volgende onderdelen:

- 1 een inventarisatie van alle beschikbare gegevens (archiefonderzoek) en formuleren welke gegevens ontbreken;
- 2 formuleren en uitvoeren van het benodigde aanvullend bodem-, geotechnische en geohydrologische onderzoek;
- 3 geotechnische berekening van de te verwachten hoeveelheid consolidatiewater die het stort in de huidige situatie zal verlaten;
- 4 geohydrologische beoordeling van de huidige beheerssituatie van de voormalige zandwinput en potentiële risico's voor de verspreiding van verontreinigingen en de bestaande adviezen hierover;
- 5 geotechnische beoordeling van het bestaande advies (Tjaden) omtrent het storten van grond op de locatie;
- 6 beoordeling van de geohydrologische en geotechnische gevolgen van de hernieuwde inrichting;
- 7 aanbevelingen voor wijzigingen van de bestaande plannen;
- 8 opstellen van een monitoringprogramma;
- 9 rapportage en overleg.

De resultaten van stap 1 zijn gerapporteerd in "Inventarisatie gegevens" (deelrapport 1, augustus 1995). De stappen 2 en 3, aangevuld met de eerste resultaten van stap 4, staan vermeld in het rapport "Analyseresultaten en consolidatieberekeningen" (deelrapport 2, augustus 1995).

Op grond van de eerste consolidatieberekeningen is overleg gevoerd over de verdere uitwerking van de hierboven beschreven stappen 4 tot en met 8. Uit de berekeningen is namelijk gebleken dat er op een aanzienlijk deel van de put grote zettingen zijn te verwachten. Dit brengt met zich mee dat niet de gehele put op korte termijn ingericht kan worden als golfterrein. Derhalve vervallen stappen 6 en 7 grotendeels. Wel zal worden aangegeven welke gebieden binnen de put het snelst ingericht kunnen worden. De zettingsberekeningen en de inrichtingsmogelijkheden worden separaat gerapporteerd (stappen 4 en 5; 6 en 7 gedeeltelijk; zie deelrapporten 4A en 4B, september 1995).

In dit rapport wordt ingegaan op de waterhuishouding en het transport van de verontreinigingen in het watervoerend pakket en de deklaag.

De indeling van het rapport is als volgt:

- | | |
|-------------|--|
| hoofdstuk 2 | De waterbalans van de put |
| hoofdstuk 3 | Verspreiding van licht verontreinigd grondwater (consolidatiewater) uit de put |
| hoofdstuk 4 | Monitoring van de waterkwaliteit |
| hoofdstuk 5 | Conclusies en aanbevelingen. |

2 WATERBALANS VAN DE PUT

2.1 Bestaande gegevens

In opdracht van Rijkswaterstaat zijn een aantal maatregelen getroffen voor afvoer van neerslagwater en consolidatiewater op de put, te weten (lit.20 (Tjaden), zie deelrapport 1, augustus 1995):

- tijdens de demping van de put is langs de puinbanen een slotenstelsel aangelegd. Via de sloten werd het regenwater + consolidatiewater afgevoerd naar een verzamelbassin, vanwaar uit het water werd geloosd op het oppervlaktewater.
 - in een later stadium werd in de sloten een stelsel van drains aangelegd, bestaande uit een puinopvulling met filterdoek. De ligging van de sloten en drains is aangegeven op bijlage 2 van het deelrapport 1. Ook dit water werd centraal opgevangen en geloosd op het oppervlaktewater.
 - vanaf april 1994 wordt het opgevangen water met een persleiding naar de RWZI op Schiphol afgevoerd.
- Het afgevoerde debiet bedraagt circa 36.000 m³/jaar.

In het rapport van stap 1 (deelrapport 1), wordt melding gemaakt van waterbalansberekeningen daterend van 1994. Op basis van deze berekeningen werd geconcludeerd dat na ophoging een zijdelingse grondwaterstroming zal plaatsvinden vanuit de zandwininput naar de sloten in de deklaag in de directe omgeving. Bij aanwezigheid van sloten binnen een strook van circa 100 meter breed rondom de voormalige zandwininput, zal al het percolerende regenwater "afgevangen" worden door deze sloten. Er treedt dan geen beïnvloeding op van de deklaag buiten dit gebied van 100 meter. In de sloten komt tevens kwelwater uit het eerste/tweede watervoerend pakket terecht. Aangegeven wordt dat circa 100 m³/dag percolatiewater naar de RWZI afgevoerd wordt en dat circa 230 m³/dag naar de omringende sloten gaat. Consolidatiewater is bij deze berekeningen buiten beschouwing gelaten.

2.2 Aanvullende gegevens uit consolidatieberekeningen

Bij bovenstaande berekeningen is ten onrechte geen rekening gehouden met het vrijkomen van consolidatiewater. De berekening van de hoeveelheden consolidatiewater is al besproken in de rapportage van de stappen 2 en 3 (deelrapport 2, augustus 1995). In tabel 2.1 worden de resultaten van de berekeningen samengevat.

Tabel 2.1
Globale wateremissies

Locatie	emissie van 1969 tot 1994 (m ³)		emissie van 1994 tot 2094 (m ³)	
	naar wvp	naar boven	naar wvp	naar boven
centrum *	139.000	554.000	84.000	490.000
talud	389.000	1570.000	152.000	649.000
totaal	528.000	2124.000	236.000	1.139.000
totaal per jaar	21.120	84.960	2.360	11.390

* berekening gecorrigeerd voor puinbanen

Uit bovenstaande blijkt dat het merendeel van het consolidatiewater naar boven verdwijnt en dat de totale hoeveelheden per jaar afnemen in de tijd.

In figuur 1 is schematisch weergegeven hoe de verschillende waterstromen lopen.

Op een totaal oppervlakte van de put van 40 hectare en bij een netto neerslag van 300 millimeter/jaar, valt per jaar circa 120.000 m³ regenwater op de put. Gemiddeld is daar de afgelopen vijftientig jaar nog eens 85.000 m³ per jaar consolidatiewater bijgekomen. Slechts 36.000 m³ per jaar wordt afgevoerd naar de RWZI, ofwel 18% van het totaal aan regenwater + opwaarts stromend consolidatiewater. De hoeveelheid consolidatiewater zowel naar het watervoerend pakket als naar boven neemt in de loop der jaren af.

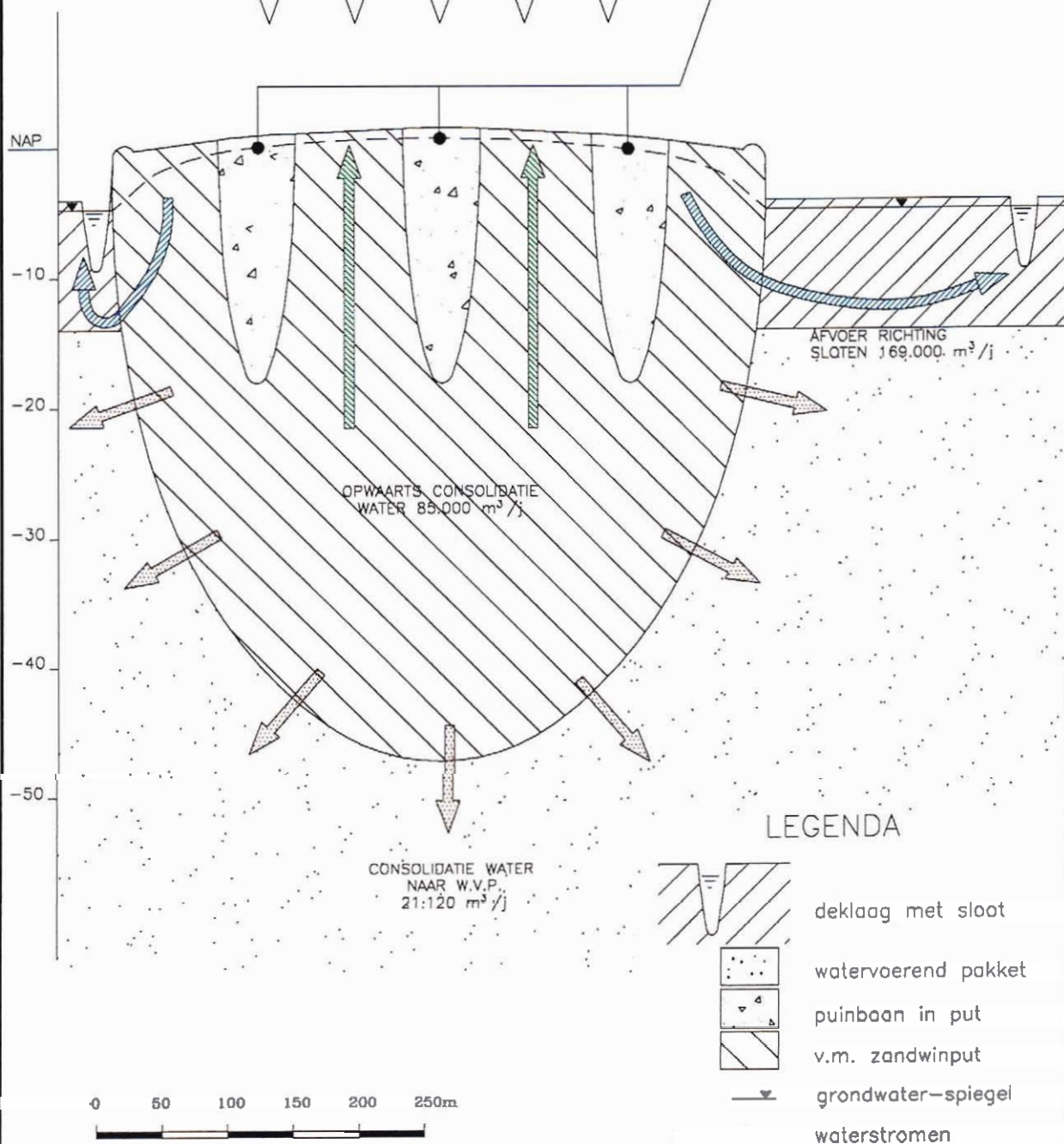
De effectiviteit van het afvoersysteem naar de RWZI neemt dan toe. Indien de afvoer naar de RWZI ongewijzigd blijft, zal over zo'n twintig jaar circa 27% van het totaal aan regenwater en opwaarts consolidatiewater afgevoerd worden. Dit is altijd nog een minderheidsaandeel. De rest van dit water komt in de omringende sloten terecht.

Na ongeveer 100 jaar is circa 90% van het consolidatiewater al uit de put gekomen. De volgende 200 jaar zal de laatste 10% uit de put komen. Na 100 jaar kan de bijdrage van consolidatiewater als verwaarloosbaar klein worden beschouwd.

Uit bovenstaande blijkt dat momenteel het debiet consolidatiewater niet verwaarloosbaar klein is. De afstroming naar omringende sloten is derhalve groter dan tot nu toe werd aangenomen. Momenteel wordt niet 230 m³/dag richting sloten afgevoerd, maar circa 460 m³/dag.

ZW

NO

NEERSLAG 120.000 m³/jAFVOER RWZI 36.000 m³/j

© DHV Milieu & Infrastructuur BV

Deze tekening mag niet worden vervoerdigd en/of openbaar gemaakt dmv druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DHV Milieu & Infrastructuur BV noch mag deze zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor zij is vervoerdigd.

SCHIPHOL V.M. ZANDWINPUT "NIEUWE MEER"**NV Luchthaven Schiphol**

Figuur 1

Gemiddelde waterbalans
v.m. zandwinput
in periode 1969-1995

tekeningnummer NHOL01RC.01

formaat

datum 26-07-95

get. BD A4

schaal (hor) 1:5000

gecontroleerd/
geautoriseerddossiernummer
J1317-71-001

2.3 Stijghoogtemetingen

In bijlage 1 is een overzicht gegeven van de uitgevoerde stijghoogtemetingen. Hieruit blijkt geen "mooi" afstromingspatroon op de put. De gemeten stijghoogtes in de put fluctueren veel, in tegenstelling tot die uit het watervoerend pakket. Dit is mogelijk mede te wijten aan de ontwikkeling van gas (methaan + CO₂) in de put. Gasontwikkeling is in een slibstort een normaal proces. Door de aanwezigheid van een gasbel in de peilbuis, wordt een te hoge waterstand gemeten. Dit komt tot uiting als dezelfde peilbuis na afpompen een dag later een veel lagere stijghoogte te zien geeft. Verder ontstaat er door het consolidatieproces van het slib een overdruk, die niet overal hetzelfde is (heterogene opvulling put). Door de zeer slechte doorlatendheid en de overdruk komt op sommige plaatsen de gemiddelde stijghoogte in de put zelfs boven het maaiveld uit, zoals in de boringen B34, B31, B32.

De gemeten stijghoogtes in de put zijn hoger dan het waterpeil van de omringende sloten en de stijghoogte in het watervoerend pakket. Dit geeft een netto flux aan naar de deklaag (sloten) en het watervoerend pakket.

In het watervoerend pakket onder de put is, zoals eerder vastgesteld, sprake van een zuidwestelijke stromingsrichting. De uit de resultaten van bijlage 1 berekende gradiënt bedraagt 0.00044, wat goed overeenkomt met de eerder vastgestelde gemiddelde gradiënt van 0.00037.

2.4 Nieuwe inrichting gebied

Bij de nieuwe inrichtingsplannen is niet voorzien in een randsloot rond de voormalige zandwinput. Alleen ten zuidwesten van de put, langs de A9 blijft de huidige sloot bestaan. Er komen wel randsloten rondom de buitengebieden.

Dit heeft aanvankelijk tot gevolg dat het consolidatiewater en regenwater minder snel "afgevoerd" wordt naar een sloot. De put zal gemiddeld natter worden dan deze nu is.

Daarnaast betekent dit, dat het licht verontreinigde water afkomstig van de put een groter traject zal afleggen in de deklaag (en de ophooglaag) naast de put voordat het in een sloot terechtkomt. Dit heeft een gunstige invloed op de kwaliteit van het water dat de sloten bereikt. Hierop wordt in de volgende paragraaf teruggekomen.

De hierboven genoemde overdruk neemt in de loop der jaren af (de consolidatie wordt immers minder). Langs de randen van de put is de overdruk het geringst en deze zal hier dan ook het eerst verdwijnen. Op dat moment is er geen sprake meer van een opwaartse waterstroom en kan regenwater beter infiltreren. De drainage van de put zal vanaf dat moment verbeteren, doch dit is de eerste jaren zeker niet aan de orde.

3 VERSPREIDING VAN DE VERONTREINIGINGEN

3.1 Inleiding

Door het consolidatieproces komt licht verontreinigd grondwater (concentraties > streefwaarde) in het watervoerend pakket en de deklaag terecht. Daarnaast geldt dat regenwater op de put valt en in contact komt met de licht verontreinigde grond (gehaltes > streefwaarde), wat tot verhoogde concentraties in het oppervlakkig afstromende of percolerende regenwater kan leiden. De verontreinigingen zijn in opgeloste vorm aanwezig en bewegen dus met het stromende grondwater mee. Echter de snelheid waarmee de verontreinigingen getransporteerd worden, is lager dan die van het grondwater (retardatie). Dit komt door adsorptie: de mate waarin een verontreiniging blijft "hangen" aan het vaste materiaal van de bodem. Door dispersie (en diffusie) wordt de verontreiniging over een breed front uitgesmeerd en verdund. In het watervoerend pakket is aanzienlijk minder adsorberend materiaal aanwezig dan in de deklaag en de op te brengen (of reeds opgebrachte) laag.

3.2 Verspreiding van verontreinigingen in de deklaag

De stroomsnelheid van het grondwater in de deklaag en het opgebrachte materiaal zal gering zijn: orde grootte 0.5 tot 1 m/jaar. De retardatiefactor voor de meest mobiele component in het grondwater van de put (benzeen) wordt aan de hand van literatuurgegevens geschat op 5 (bij een gehalte o.s. in de deklaag van 2%). Met behulp van het rekenprogramma SORTRAN is een schatting gemaakt van het concentratieverloop in de tijd als water van de put onderweg is naar een sloot die 100 meter buiten de putrand ligt (stroomsnelheid 1 m/jaar). Dit moet als een eerste indicatie worden gezien. Geen rekening is gehouden met:

- voorkeursstroombanen;
- verdunning met schoon kwelwater uit het onderliggende watervoerend pakket door (macro)dispersie;
- verdunning door diffusie;
- de afname van de flux verontreinigd water in de loop der jaren.

Het eerste punt resulteert in geringere reistijden dan hieronder aangegeven, de laatste drie punten veroorzaken het tegenovergestelde.

Als benzeenconcentratie in het consolidatiewater is 0.65 µg/l aangehouden, zijnde de in 1995 gemeten gemiddelde concentratie in het poriewater van de put (deelrapport 2). Bij de berekeningen is aangenomen dat de flux uit de put in de loop der jaren continu blijft. Dit is het geval indien het percolerend regenwater niet wordt afgevangen. Indien het percolerend regenwater wel wordt afgevangen, is na 100 jaar (dus circa 75 jaar na heden) de aanvoer van verontreinigd (consolidatie)water nagenoeg gestopt. De concentraties nemen dan alleen nog maar af. De resultaten met continue aanvoer van verontreinigd water voor verschillende slootafstanden staan aangegeven in tabel 3.1.

Tabel 3.1

Geschatte verspreidingssnelheid (vanaf 1969) van benzeen uit de put naar een sloot in de deklaag bij verschillende slootafstanden

Invloed	Duur in jaren bij afstand putrand tot eerstvolgende sloot			
	2 meter	10 meter	50 meter	100 meter
eerste concentratie verhoging	5	25	130	250
aankomst front	15	75	380	750
volledige doorbraak	40	195	1.000	> 1.000

Uit tabel 3.1 blijkt dat voor een sloot op 2 meter afstand van de put het benzeenfront momenteel al kan zijn doorgebroken. De benzeenconcentratie in het grondwater naast de sloot bedraagt dan ongeveer 0.4 µg/l (twee keer de streefwaarde). Hierbij is geen rekening gehouden met verdunning door schoon kwelwater. In de sloot zal de concentratie aanzienlijk lager zijn door verdere verdunning. Volledige doorbraak kan theoretisch optreden over 15 jaar na heden (concentratie ongeveer 0.8 µg/l).

Voor een sloot op 10 meter afstand zal het front pas theoretisch over circa 50 jaar na heden doorbreken. Voor verder weg gelegen sloten treedt doorbraak van het front nog veel later op. Totdat de verontreiniging "doorbreekt" is het water dat in de sloot komt schoon, omdat de verontreiniging achterblijft in de deklaag. De concentraties in het water zijn dermate laag, dat door de adsorptie in de deklaag geen gehalten in de grond > streefwaarde worden verwacht. Door de lage concentraties benzeen in het uit de put komende water en de verdunnende effecten wordt niet verwacht dat de waterkwaliteit in de sloten negatief wordt beïnvloed.

Bovenstaande berekening geldt voor de meest mobiele component benzeen. De retardatiefactor voor de overige (verhoogd aanwezige) componenten is hoger:

- 8 voor tri;
- 14 tot 44 voor de overige aromaten;
- 64 voor naftaleen;
- 224 tot 415.000 voor de overige PAK;
- 1.000 en hoger voor de zware metalen;
- > 15 voor fenol en cresol.

Dat wil zeggen dat voor de overige componenten het een factor 1.6 tot > 1.000 langer duurt voordat de betreffende stof is doorgebroken. Binnen nu en 20 jaar kan het front van de tri-, toluen en fenolverontreiniging een sloot op 2 meter van de rand van de put bereiken. Tri en toluen zijn nauwelijks aanwezig in het poriewater in de put. Door verdunning met schoon kwelwater in de deklaag zal ook van deze componenten weinig terug te vinden zijn. Alleen fenol zou in detecteerbare hoeveelheden in de dichtbijzijnde sloten terecht kunnen komen, waar het dan weer terstond verdund wordt.

Voor de sloten op 10 meter is van doorbraak van het fenolfront pas sprake over 200 jaar.

Binnen deze periode is door verdunning met kwelwater zeer waarschijnlijk niets meer terug te vinden van een verhoogde concentratie in het grondwater nabij de sloot.

Voor de overige parameters geldt eveneens dat voordat het theoretische moment van doorbraak van het front bij de sloot is aangebroken, door verdunning met kwelwater geen verhoogde concentraties meer zijn waar te nemen.

Conclusie en aanbeveling

Uit de globale berekeningen blijkt dat voor de meeste componenten transport via de deklaag naar de sloten, ook de dichtbij gelegen sloten op 2 meter afstand, geen risico oplevert voor de waterkwaliteit in de sloten. Ten eerste zal de concentratie in het grondwater bij aankomst bij de sloot zeer gering zijn, bijvoorbeeld door verdunning met kwelwater of omdat de aanvoer van verontreinigingen vanuit de put al is gestopt. Ten tweede wordt het water dat afkomstig is van de put, in de sloot verdund met schoon kwelwater uit de polder. Alleen voor de componenten benzeen en fenol bestaat een gering risico voor de sloten op 2 meter afstand van de put.

Aanbevolen wordt:

- ofwel de stroom (licht) verontreinigd regenwater zo klein mogelijk te houden door het aanleggen van een drainagesysteem;
- ofwel de ringsloten rondom de put op minstens 10 meter afstand te leggen.

3.3 Verspreiding van verontreinigingen in het watervoerend pakket

In de eerste jaren nadat is gestart met opvullen van de put, was er sprake van een meer waarin zeer waterig slib wordt gestort. De horizontale doorlatendheid van het gestorte materiaal is dan nog relatief hoog. In de beginfase van het opvullen van de put zal relatief veel verontreinigd putwater in het watervoerend pakket terecht zijn gekomen. Niet alleen de fluxen waren toen het hoogst, ook de transportsnelheid was hoog.

Met het op gang komen van het consolidatieproces, wordt het slib steeds compacter. Hierdoor neemt de horizontale doorlatendheid van het materiaal in de put af, dat wil zeggen dat het grondwater steeds meer weerstand ondervindt bij stroming door de put. Stroomafwaarts van de put ontstaat een zone in het watervoerend pakket met relatief geringe horizontale stroomsnelheden. Na circa acht jaar is de doorlatendheid van de put al sterk afgenomen tot ongeveer de huidige waarde.

Na verloop van tijd neemt de flux consolidatiewater sterk af.

Op het moment dat er niet of nauwelijks meer consolidatiewater uit de put in het watervoerend pakket terecht komt (na 100 jaar, dus 75 jaar na nu, is de cumulatieve flux al 90% van het eindtotaal), zal het belangrijkste "uitloogproces" van de put diffusie worden. Bovenin de put blijft een zekere percolatie van regenwater bestaan, maar dit water komt niet in het watervoerend pakket terecht (zie 3.2).

Bij de verspreiding van het verontreinigde water in het watervoerend pakket treedt verdunning op door:

- macrodispersie (verdunning met het in het watervoerend pakket aanwezige water)
- opkwellen van schoon water uit dieper gelegen lagen;
- diffusie (gering effect).

3.4 Berekening verspreiding

Bovenstaand proces is nagebootst met behulp van het rekenmodel HST3D. In een horizontaal vlak is de verdeling van de concentratie in de tijd berekend. Het horizontale vlak ligt op ongeveer 35 m-NAP. De horizontale concentratieverdeling vanaf 20 m-NAP (net onder de deklaag) tot 35 m-NAP is ongeveer gelijk. De concentraties dieper dan 35 m-NAP zijn lager.

Bij de berekening zijn diverse aannames gedaan en vereenvoudigingen van bovengenoemde processen gebruikt. Dit staat beschreven in bijlage 2.

Uitgegaan is van een gelijke retardatiefactor ($R=3$) in het watervoerend pakket voor alle stoffen. In werkelijkheid is deze factor per stof anders. Op de keuze van deze factor wordt in bijlage 2 teruggekomen.

De omvang van de gemodelleerde put is kleiner dan de omvang van de put zoals aangegeven op de topografische kaart. De modellering geldt alleen voor het watervoerend pakket, dus vanaf circa 15 m-NAP. Op deze diepte is de horizontale omvang van de put geringer dan op maaiveldniveau.

3.5 Resultaten stoftransportberekeningen

De aangehouden retardatiefactor is gebaseerd op die voor de meest mobiele component: benzeen. Deze waarde is aanzienlijk lager dan die voor de andere stoffen, met name die voor PAK. De berekeningsresultaten kunnen daarom als een "worst case" worden beschouwd.

In bijlage 3 zijn de resultaten van de berekening na 100 jaar weergegeven. De getoonde concentratieverdeling is voor een horizontale doorsnede op een diepte van circa 35 m-NAP.

De berekende concentraties zijn relatieve. Dat wil zeggen dat de concentratie in de put en van het consolidatiewater dat uit de put komt gelijk is aan 1. De berekende concentraties buiten de put geven een verdunning aan ten opzichte van de concentratie in de put. Deze verdunning is voor alle stoffen dezelfde. De absolute concentratie is te berekenen uit de concentratie van de betreffende stof in de put en de relatieve concentratie. De gemiddelde concentraties in de put zijn echter niet altijd eenduidig bekend. Voor de PAK en cresol zijn de gemiddelde concentraties berekend uit oude analyseresultaten (deelrapport 1) aanzienlijk hoger dan de gemiddelde concentratie berekend uit de meest recente analyseresultaten (deelrapport 1). Voor de overige componenten komen de berekende gemiddelden ongeveer overeen. Op grond hiervan worden de resultaten voor twee varianten beschreven:

- variant I : uitgangspunt zijn de gemiddelde hoogste concentraties (oude meetgegevens);
- variant II : uitgangspunt zijn de gemiddelde laagste concentraties (recente meetgegevens).

In bijlage 3 zijn de relatieve concentratie-contouren 0.0001, 0.01 en 0.1 aangegeven. De put zelf heeft een concentratie van 1.

Na 100 jaar ligt de 0.0001-contour circa 580 meter stroomafwaarts van de rand van de put (op maaiveldniveau). De 0.01-contour ligt 130 tot 260 meter (gemiddeld 200 meter) stroomafwaarts van de rand van de put en de 0.1-contour ligt op 40 à 80 m (gemiddeld 60 meter) stroomafwaarts van de rand van de put.

3.6 Interpretatie resultaten "worst case"

Bij de interpretatie van de resultaten gaat de interesse uit naar de berekende ligging van de interventiewaarde-contour en de streefwaarde-contour.

In bijlage 2 is een tabel opgenomen met de berekende gemiddelde verspreiding na 100 jaar (vanaf de zuidwestrand van de put) voor diverse componenten, met en zonder het verdunnend effect van schoon kwelwater.

zonder het effect van kwel

Indien uitgegaan wordt van de **hoogste gemiddelde concentraties** (oude gegevens; variant I) en het effect van kwel niet wordt meegenomen, geldt voor de maximale verspreiding het volgende:

- voor 9 PAK en cresol ligt de *interventiewaarde*-contour tussen de 40 en 350 meter ten zuidwesten van de rand van de put;
- voor 8 PAK, fenol en cresol ligt de *streefwaarde*-tussen de 120 en 580 meter ten zuidwesten van de rand. Voor 2 PAK (indeno(123)pyreen en benzo(ghi)peryleen) ligt de streefwaarde-contour verder weg dan 580 meter ten zuidwesten van de put.
De verschillen in verspreidingsafstand worden veroorzaakt door de spreiding in streefwaarden voor diverse PAK. De streefwaarde voor PAK in water is zeer laag, variërend van 0.1 tot zelfs 0.0002 µg/l (voor bijvoorbeeld indeno(123)pyreen).
- voor tri, aromaten, naftaleen liggen de *streefwaarde*-contouren binnen 120 meter van de zuidwestrand;
- voor zware metalen liggen de contouren binnen 30 meter van de zuidwestrand.

Uitgaande van de **laagste gemiddelde concentraties**, variant II, volgt voor de maximale verspreiding na 100 jaar, dat zich buiten de put geen contouren voor de interventiewaarde meer bevinden:

- voor alle PAK, aromaten, fenol en tri ligt de *streefwaarde*-contour binnen 100 tot 260 meter stroomafwaarts van de rand van de put;
- voor minerale olie, cresol en zware metalen ligt de *streefwaarde*-contour binnen 40 tot 50 meter ten zuidwesten van de rand van de put.

Hierbij dient wel te worden opgemerkt dat momenteel de concentraties PAK op 150 meter ten zuidwesten van de put (peilbuizen 37 en 38) hoger zijn dan volgens bovenstaand schema berekend na 100 jaar.

met het effect van kwel

Het verontreinigd water wordt, rekening houdend met het effect van kwel, met ongeveer een factor 2 verdund.

Uit de tabel in bijlage 2 blijkt, voor de gemiddelde verspreiding het volgende:

- voor PAK, variant I, ligt de *interventiewaarde*-contour tussen 10 tot 200 meter ten zuidwesten van de put. Dit geldt indien uitgegaan wordt van variant I;
- voor de overige componenten en voor PAK variant II zijn geen overschrijdingen van de interventiewaarde te verwachten;
- voor diverse PAK ligt de *streefwaarde*-contour 100 tot > 580 meter van de zuidwestrand van de put (variant I);
- voor PAK variant II en voor aromaten, fenol en tri (beide varianten) ligt de *streefwaarde*-contour op circa 60 tot 120 meter van de rand van de put;
- voor zware metalen, minerale olie en cresol (beide varianten) ligt de *streefwaarde*-contour op circa 10 tot 40 meter van de rand van de put.

3.7 Effect hogere retardatiefactor

De aangenomen retardatiefactor ($R=3$) heeft een groot effect op het berekende resultaat. Bij de keuze van de retardatiefactor is uitgegaan van de meetresultaten in de peilbuizen 37 en 38, circa 150 meter stroomafwaarts van de rand van de put (zie bijlage 2). Om deze concentraties te "reconstrueren" met behulp van HST3D, ervan uitgaande dat 25 jaar geleden met opvullen van de put (en consolidatie) is begonnen, moet wel aangenomen worden dat de retardatie gering was (en de beginconcentratie PAK in de put hoger was dan in 1995 is gemeten).

Echter in de peilbuizen O1 tot en met O5 die rondom de put zijn geplaatst, is tot nu toe niet tot nauwelijks een verhoging van de concentraties waargenomen, wat wijst op een veel hogere retardatie, eventueel gecombineerd met lagere beginconcentraties (met name PAK).

Het is mogelijk dat 25 jaar geleden, toen de flux uit de put maximaal was en de stroomsnelheid ten zuidwesten van de put hoger was dan nu het geval is, via voorkeursstroombanen een hoeveelheid verontreinigd water relatief ver is getransporteerd. Na enkele jaren nam de hoeveelheid verontreinigd water en de transportsnelheid snel af. De gemeten verontreiniging nabij de peilbuizen 37 en 38 zou dan een geïsoleerde "wolk" kunnen zijn, met name nabij peilbuis 37. Momenteel zijn de flux en de transportsnelheid geringer. Buiten eventuele voorkeursstroombanen is nog geen "doorslag" opgetreden, waardoor niet overal verhoogde concentraties worden gemeten.

Op grond van theoretische overwegingen is het voor PAK (behalve naftaleen), cresol en zware metalen logischer een hogere retardatiefactor aan te nemen. Dat betekent dat met name voor de PAK, die ver verspreid lijken te worden bij een $R=3$, de werkelijke verspreiding aanzienlijk minder zal zijn. Voor de zeven verst verspreide PAK (streefwaarde-contour met kwel bij de 0.0001-lijn of verder) ligt de werkelijke verspreiding een factor 4 tot 6.900 minder ver (bij een organisch-stofgehalte van 0.1 %).

De berekende maximale verspreiding na 100 jaar (met effect van kwel) wordt dan:

Variant I:

- de interventiewaarde-contour voor chryseen (de PAK die zich het verst verspreidt door de lage interventiewaarde en relatief lage R) ligt 50 meter ten zuidwesten van de putrand; voor de overige PAK wordt de interventiewaarde niet overschreden;
- de streefwaarde-contour voor chryseen ligt op gemiddeld 130 meter ten zuidwesten van de putrand;
- de afstand tot de streefwaarde-contouren voor naftaleen, aromaten, fenol en tri blijven gelijk, te weten 100 tot 380 meter;
- de streefwaarde-contouren voor de overige PAK en zware metalen blijven binnen 50 meter afstand van de putrand.

Variant II:

- van geen van de componenten komt de streefwaarde-contour verder dan 120 meter te liggen (verst verspreid wordt fenol);
- PAK worden niet tot nauwelijks verspreid.

Uiteraard dient hierbij wel vermeld te worden dat momenteel ter plaatse van peilbuis 37 wel concentraties PAK > interventiewaarde worden gemeten. Indien hier sprake is van een geïsoleerde "wolk", nemen deze concentraties echter in de loop van de tijd af (verdunding, retardatie bij verder transport).

3.8 Extra ophoging

Bij extra ophogen van de put zal er meer consolidatiewater vrijkomen. Dit heeft echter weinig invloed op het algemene beeld van de verspreiding in het watervoerend pakket. De streefwaarde-contouren blijven binnen de hierboven genoemde grenzen liggen.

3.9 Risico voor de volksgezondheid door verspreiding in watervoerend pakket

Er treedt verspreiding van verontreinigingen op in het watervoerend pakket, met een uiterste afgelegde afstand in 100 jaar van (afhankelijk van de aannames) > 580 tot 120 meter. Binnen deze afstand bevinden zich geen bedreigde objecten, zoals drinkwaterwinningen of grondwateronttrekkingen voor beregening van landbouwgewassen. Omdat het verspreidingsgebied onder de luchthaven zelf ligt, zal naar verwachting in de toekomst ook geen onttrekking van water voor consumptiedoeleinden plaatsvinden.

Het water in het watervoerend pakket zal uiteindelijk opkwellen en in de sloten terechtkomen. Hierbij zal de deklaag echter weer als adsorptiemedium optreden.

Na 100 jaar zal (bij een kwel van 0.25-0.5 mm/d) circa 8-16% van het uitgetreden verontreinigde consolidatiewater opgekweld zijn. Tegen de tijd dat theoretisch voor de meest mobiele component "doorslag" optreedt naar de sloten, is de aanvoer van verontreinigd water uit de put gestopt en nemen de concentraties door verdunning alleen maar af. Het risico voor doorslag naar de sloten door kwel wordt dan ook zeer gering geacht.

3.10 Conclusies

Op grond van bovenstaande overwegingen zijn de volgende conclusies te trekken:

- De aangenomen gemiddelde concentratie in de put heeft een groot effect op het eindresultaat van de berekening. Er zijn twee varianten beschouwd (data voor 1995, variant I en data 1995, variant II). Voor beide varianten zijn argumenten aan te dragen om juist deze waarden te hanteren;
- Uitgaande van een "worst case" wat de retardatiefactor betreft, het verdunnende effect van kwel en de hoogste gemiddelde concentraties in de put (variant I) bedraagt de maximale verspreiding na 100 jaar:
 - > 580 meter voor benzo(ghi)peryleen;
 - 430-550 meter voor de overige PAK behalve naftaleen;
 - 350-380 meter voor cresol en fenol;
 - 100 meter en minder voor aromaten, naftaleen, minerale olie en zware metalen;
- Een meer realistisch benadering is dat voor de PAK (behalve naftaleen), zware metalen en cresol een hogere retardatiefactor geldt. De hoge gemeten PAK-waarden bij peilbuizen 37 en (in mindere mate) 38 worden dan veroorzaakt door een geïsoleerde "wolk" verontreinigd water bij deze peilbuizen. De maximale verspreiding na 100 jaar bedraagt dan 380 meter en wel voor de component fenol (variant I);
- Uitgaande van variant II (lage gemiddelde concentratie PAK en cresol) bedraagt de maximale verspreiding 120 meter.
- Het risico voor de volksgezondheid door verspreiding van de verontreinigingen in het watervoerend pakket wordt in alle gevallen zeer gering geacht. Binnen het verspreidingsgebied bevinden zich geen grondwaterwinningen. Het verspreidingsgebied bevindt zich onder het luchthaventerrein zelf, zodat verwacht wordt dat in de toekomst hier ook geen waterwinning voor consumptiedoeleinden zal plaatsvinden. De kans op doorslag naar de sloten in de deklaag is zeer klein.

4 MONITORING WATERKWALITEIT

De hierboven beschreven (maximale) verspreiding van de verontreinigingen is alleen door regelmatig meten van concentraties te verifiëren. De berekende concentraties representeren een "worst case" situatie. In hoofdstuk 3 zijn de mogelijke variaties in interpretatie al aangegeven.

Teneinde de werkelijke verspreiding na te gaan, wordt aanbevolen de waterkwaliteit regelmatig te controleren. Er kan gebruik worden gemaakt van een selectie uit de bestaande peilbuizen.

Het is zinvol ook de concentratie van het water in de put bij de monitoring te betrekken, zolang het mogelijk is, de daar aanwezige filters te behouden. Bij de plaatsing van de peilbuizen is wel rekening gehouden met de wens de peilbuizen na verloop van tijd te kunnen verlengen, maar een deel zal toch altijd onklaar raken.

Afhankelijk van de monitoringresultaten kan besloten worden, of de bestaande peilfilters te zijner tijd nog uitbreiding behoeven.

Voor de bemonsteringsfrequentie kan worden volstaan met eenmaal per jaar.

Het voorgestelde analysepakket is:

Ph, EC, Cr, Ni, Pb, Zn, As, BETXN, PAK (10 VROM), minerale olie (GC), VOCI (11 stuks), fenolen (15 stuks), OCB.

Tabel 4.1

Nummer peil- buis	Filter (m-mv)	Nummer peil- buis	Filter (m-mv)	Nummer peil- buis	Filter (m-mv)
31	10	36	23	O2	11
31	20	37	18	O2	19
31	30	37	30	O3	5
31	45	37	42	O3	11
32	11	38	10	O3	19
32	20	38	20	O4	5
33	10	38	30	O4	11
33	20	39	12	O4	19
33	30	39	22	O5	5
34	10	39	27	O5	11
34	20	O1	5	O5	19
34	30,5	O1	11	O6	5
35	6	O1	19	O6	11
36	8	O2	5	O6	19
36	17,5				

5 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

5.1 Conclusies

Stap 4 van het onderzoek behelsde waterbalansberekeningen en stoftransportberekeningen. Uit deze berekeningen zijn de volgende conclusies af te leiden.

Waterbalans

- Gemiddeld is de afgelopen 25 jaar 85.000 m³/jaar consolidatiewater naar boven geperst. Dit water komt uiteindelijk voor het grootste deel in rond de put gelegen sloten terecht. Dit geldt ook voor de 120.000 m³/jaar netto neerslag die op de put valt. Van het totaal aan neerslag + opwaarts consolidatiewater wordt momenteel maar 18% naar de RWZI afgevoerd, de rest stroomt richting sloten. Dit houdt in dat meer water in de sloten is terechtgekomen, en nu nog terecht komt, dan voorheen werd aangenomen. De hoeveelheid consolidatiewater is niet verwaarloosbaar klein ten opzichte van de hoeveelheid netto neerslag.
- Het water dat uit de put komt, is overwegend licht verontreinigd (overschrijding van de streefwaarden).
- Het dempen van de ringsloten rond de put en de aanleg van ringsloten rond de buitengebieden heeft een enerzijds ongunstig en anderzijds gunstig effect:
 - ongunstig is dat de drainage van de put zal verslechteren;
 - gunstig is dat de afgelegde weg van (licht) verontreinigd putwater in de deklaag groter wordt en dus ook de mogelijkheid tot adsorptie van de verontreinigingen aan de bodem.

Verspreiding verontreinigingen deklaag

De verontreinigingen in het uittredende grondwater verplaatsen zich langzamer dan het grondwater zelf (dit heet retardatie). Voor iedere stof is deze transportsnelheid anders. De verspreiding van verontreinigingen, benedenstrooms vanuit de put, is berekend voor benzeen, de meest bewegelijke stof, voor tri, toluen en fenol. Alle overige stoffen bewegen zich vele malen langzamer. De stroming in de kleiige deklaag is gering. De volgende conclusies kunnen worden getrokken:

- Algemeen wordt de kans op nadelige beïnvloeding van de waterkwaliteit in de sloten klein geacht.
- Het (mobiele) benzeen zou, theoretisch, in 1985 een randsloot op 2 m vanaf de putrand bereikt kunnen hebben. De hoogste concentraties worden pas over ca. 15 jaar verwacht. Voor sloten op grotere afstand duurt het navenant langer, voor "doorslag" optreedt van benzeen (bijvoorbeeld 50 jaar voor een sloot op 50 m afstand. Door het verdunnend effect van kwel en het slootwater zelf valt niet te verwachten, dat kwaliteitsverlaging van het slootwater meetbaar is.
- Ook de verontreinigingen toluen, fenol en tri kunnen eveneens tussen nu en 20 jaar een sloot op 2 m afstand bereiken. Tri en toluen zijn echter nauwelijks aangetoond in het poriewater in de put. Door verdunning met schoon kwelwater in de deklaag zal van deze componenten eveneens weinig terug te vinden zijn. Alleen fenol kan in detecteerbare hoeveelheden in de dichtbijzijnde sloten terechtkomen, waar het echter wel meteen wordt verdund.

- Voor de overige verontreinigingscomponenten kan, gezien de veel grotere retardatie, de kans op doorslag praktisch worden uitgesloten. In combinatie met de lage doorlatendheid van de deklaag wordt ook de kans op doorslag in verder weg gelegen sloten gering geacht.
- De optredende vertraging in de verspreiding van de verontreinigingen ontstaat door adsorptie aan de grond. In de deklaag zullen de gehalten in de grond weliswaar toenemen, maar door de betrekkelijk lage concentraties in het grondwater naar verwachting niet boven de streefwaarde uitkomen.

Verspreiding verontreinigingen watervoerend pakket

Een deel van het verontreinigde consolidatiewater verlaat de put via het dieper gelegen watervoerend pakket en verplaatst zich in zuidwestelijke richting. Door aan alle stoffen dezelfde mobiele eigenschap toe te kennen als aan benzeen, is een "worst case" benadering gemaakt, die vervolgens gecorrigeerd kan worden. Rekening is gehouden met het verdunnend effect van kwelwater.

Meetgegevens wijzen erop dat de concentraties in het verleden groter waren dan thans. In de begintijd was ook de doorlatendheid in de put groter en kon gemakkelijker verontreinigd water uittreden. Deze veronderstelling wordt bevestigd door de verhoogde PAK-concentraties in peilbuizen 37 en 38, 150 m benedenstrooms van de put, hoewel hier ook het effect zichtbaar kan zijn van preferente stroombanen. Echter in de peilbuizen O1 tot en met O5 die rondom de put zijn geplaatst, is tot nu toe niet of nauwelijks een verhoging van de concentraties waargenomen. De aangenomen gemiddelde concentratie in de put heeft een groot effect op het eindresultaat van de verspreidingsberekening. Er zijn twee derhalve 2 varianten beschouwd:

- variant 1, met als uitgangspunt de data van vóór 1995;
- variant 2, met als uitgangspunt de recente data uit 1995.

De volgende conclusies kunnen worden getrokken met betrekking tot het verspreidingspatroon:

- De maximale verspreiding na 100 jaar is berekend op:
variant 1 (hoge beginconcentraties)
 - . voor fenol 380 m (streefwaarde);
 - . voor chryseen 50 m (interventiewaarde), en 130 m (streefwaarde). Chryseen is de PAK die zich het verst verspreidt;
 - . overige PAK en metalen minder dan 50 m (streefwaarde).*variant 2 (lage beginconcentraties)*
 - . voor fenol 120 m;
 - . PAK wordt niet tot nauwelijks verspreid.
- Bij extra ophogen van de put zal er meer consolidatiewater vrijkomen. Dit heeft echter weinig invloed op het algemene beeld van de verspreiding in het watervoerend pakket. De streefwaarde-contouren blijven binnen de hierboven genoemde grenzen liggen.
- Het risico voor de volksgezondheid door verspreiding van de verontreinigingen in het watervoerend pakket is zeer gering. Binnen het verspreidingsgebied bevinden zich geen grondwaterwinningen. Het verspreidingsgebied bevindt zich onder het luchthaventerrein zelf, zodat verwacht wordt dat in de toekomst hier ook geen waterwinning (voor consumptiedoeleinden) zal plaatsvinden. De kans op doorslag naar de sloten in de deklaag (uiteindelijk kwelt het water op) is zeer klein.

5.2 Aanbevelingen

Op grond van bovenstaande resultaten wordt het volgende aanbevolen:

- De waterkwaliteit in en rond de put alsmede stroomafwaarts van de put jaarlijks te monitoren. Evaluatie van de monitoringgegevens moet uitmaken, of de bestaande peilfilters afdoende informatie geven.
- Bij definitieve inrichting van de put zoveel mogelijk regenwater op te vangen, zodat de flux van (licht) verontreinigd water uit de put zo klein mogelijk wordt. Overigens is het, door consolidatie, niet mogelijk de flux tot 0 te reduceren.
- Indien er ooit sprake is van grondwateronttrekkingen op Schiphol-Noord (bijvoorbeeld putbemalingen ten behoeve van nieuwbouw) de mogelijkheden voor retourbemaling na te gaan, ter voorkoming van snellere verspreiding van verontreinigingen in het eerste/tweede watervoerend pakket.

6 COLOFON

Opdrachtgever	: NV LUCHTHAVEN SCHIPHOL	
Project	: Voormalige zandwinput "De Nieuwe Meer"	
Dossier	: J 1317-71-001	
Omvang rapport	: 22 pagina's	
Auteur	: drs. J.J.E. Flink	
Bijdrage	: ir. L.P.M. Linssen	
Projectleider	: ir. J.J.W.M. Walter	
Projectmanager	: ir. J.W. Sip	
Datum	: 22 september 1995	
Accordering	: 	ir. J.W. Sip

BIJLAGE 1 Stijghoogtemetingen

1 pagina

Opdrachtgever : NV Luchthaven Schiphol
 Project : voormalige zandwinput Nieuwe Meer
 Onderdeel : grondwaterstanden en stijghoogten

Peilbuis	diepte filter bkb (m-mv)	stijghoogte (m tov NAF)	stijghoogte (m tov bkb)	stijghoogte (m tov bkb)	stijghoogte (m tov bkb)	stijghoogte (m tov bkb)	stijghoogte (m tov NAF)	stijghoogte (m tov NAF)	stijghoogte (m tov NAF)	stijghoogte (m tov NAF)	stijghoogte (m tov NAF)	stijghoogte (m tov NAF)	gemiddelde stijghoogte (m tov NAF)
O1	5	-2.41	-1.14	-1.48	-1.47	-1.5	-1.62	-3.55	-3.89	-3.88	-3.91	-4.03	-3.85
	11	-2.45	-1.19	-1.23	-1.21	-1.21	-1.3	-3.64	-3.68	-3.66	-3.66	-3.75	-3.68
	20	-2.49	-1.16	-1.18	-1.17	-1.18	-1.26	-3.65	-3.67	-3.66	-3.67	-3.75	-3.68
O2	5	-2.89	-1.25	-1.25	-1.35	-1.38	-1.56	-4.14	-4.14	-4.24	-4.27	-4.45	-4.25
	11	-2.92	-0.73	-0.76	-0.76	-0.76	-0.85	-3.65	-3.68	-3.68	-3.68	-3.77	-3.69
	20	-2.99	-0.66	-0.69	-0.69	-0.69	-0.77	-3.65	-3.68	-3.68	-3.67	-3.76	-3.69
O3	5	-3.26	-1.31	-1.31	-1.2	-1.39	-1.47	-4.57	-4.57	-4.46	-4.65	-4.73	-4.60
	11	-3.29	-0.55	-0.57	-0.56	-0.57	-0.65	-3.84	-3.86	-3.85	-3.86	-3.94	-3.87
	19	-3.34	-0.51	-0.54	-0.52	-0.53	-0.61	-3.85	-3.88	-3.86	-3.87	-3.95	-3.88
O4	5	-2.86	-2.15	-2.13	-2.25	-2.34	-2.49	-5.01	-4.99	-5.11	-5.20	-5.35	-5.13
	11	-2.91	-0.96	-0.96	-0.96	-0.97	-1.06	-3.87	-3.87	-3.87	-3.87	-3.97	-3.89
	20	-2.95	-0.92	-0.93	-0.93	-0.92	-1.03	-3.87	-3.88	-3.88	-3.87	-3.98	-3.90
O5	5	-3.04	-1.27	-1.25	-1.32	-1.42	-1.68	-4.31	-4.29	-4.36	-4.46	-4.72	-4.43
	11	-3.06	-0.8	-0.8	-0.8	-0.82	-0.9	-3.86	-3.86	-3.86	-3.88	-3.96	-3.88
	20	-3.13	-0.75	-0.76	-0.76	-0.77	-0.85	-3.88	-3.89	-3.89	-3.90	-3.98	-3.91
O6	5	-3.69	-0.53	-0.53	-0.6	-0.65	-0.74	-4.25	-4.22	-4.29	-4.34	-4.43	-4.31
	11	-3.71	0.06	0.05	0.04	0.04	0.05	-3.65	-3.66	-3.67	-3.67	-3.66	-3.66
	20	-3.73	0.09	0.08	0.06	0.05	0.02	-3.64	-3.65	-3.67	-3.68	-3.71	-3.67
31	10	-1.15	-0.63	-0.25	-0.59	-0.3	-0.46	0.52	0.90	0.56	0.85	0.69	0.70
p.b. stuk	20	1.08	-0.4	-	-1	-0.01	-0.09	0.68	1.09	1.00	1.07	0.99	0.71
	30	0.99	-0.28	0.1	0.01	-0.06	0.08	0.71	1.09	1.00	0.93	1.07	0.96
	45	1.83	-5.62	-5.65	-5.65	-5.64	-5.75	-3.79	-3.82	-3.81	-3.82	-3.92	-3.83
32	11	-1.42	-0.52	-0.76	0	-0.82	0.03	-1.94	-2.18	-1.42	-2.24	-1.39	-1.83
	20	-1.5	-	-1.01	-0.91	-0.01	-0.02	-2.02	-2.51	-2.41	-1.51	-1.52	-1.99
	10	-1.55	-0.47	-0.41	-0.36	-0.3	-0.4	-2.02	-1.96	-1.91	-1.85	-1.95	-1.94
	20	-1.84	-1.84	-1.94	-1.92	-1.83	-1.98	-3.40	-3.50	-3.48	-3.39	-3.54	-3.46
	30	-1.6	-1.73	-2.25	-2.37	-2.26	-2.36	-3.33	-3.48	-3.97	-3.86	-3.96	-3.79
34	10	2.26	-0.01	-0.02	0	0.02	0.05	2.25	2.24	2.26	2.28	2.31	2.27
	20	2.24	-1.13	-5.82	-8.78	-5.66	-5.93	1.11	-3.58	-6.54	-3.42	-3.69	-3.22
	31	2.2	-4.85	-5.92	-	-5.89	-6	-2.65	-3.72	-3.69	-3.69	-3.80	-3.47
35	6	-2.11	-1.4	-2.15	-2.11	-2.15	-2.3	-3.51	-4.26	-4.22	-4.26	-4.41	-4.13
36	8	-1.06	-1.4	-1.53	-1.58	-1.64	-2	-2.46	-2.59	-2.64	-2.70	-3.06	-2.69
	18	-1.06	-2.62	-2.58	-2.62	-2.63	-2.73	-3.68	-3.64	-3.68	-3.69	-3.79	-3.70
	23	-1.09	-2.6	-2.6	-2.6	-2.61	-2.69	-3.69	-3.69	-3.69	-3.70	-3.78	-3.71
39	12	-1.08	-1.69	-1.68	-1.69	-2.06	-2.2	-2.77	-2.76	-2.77	-3.14	-3.28	-2.94
	22	-1.1	-2.66	-2.69	-2.62	-2.7	-2.79	-3.76	-3.79	-3.72	-3.80	-3.89	-3.79
	27	-1.16	-2.61	-2.65	-2.64	-2.64	-2.73	-3.77	-3.81	-3.80	-3.80	-3.89	-3.81
37	20	-2.82	-1.1	-1.08	-1.12	-1.1	-1.18	-3.92	-3.90	-3.94	-3.92	-4.00	-3.94
	30	-2.86	-1.03	-1.06	-1.05	-1.06	-1.15	-3.89	-3.92	-3.91	-3.92	-4.01	-3.93
	42	-2.92	-1.01	-1.03	-1.02	-1.03	-1.12	-3.93	-3.95	-3.94	-3.95	-4.04	-3.96
38	20	-3.43	-0.46	-0.47	-0.46	-0.48	-0.56	-3.89	-3.90	-3.89	-3.91	-3.99	-3.92
	30	-3.46	-0.44	-0.45	-0.45	-0.46	-0.55	-3.90	-3.91	-3.91	-3.92	-4.01	-3.93
	40	-3.49	-0.39	-0.42	-0.41	-0.42	-0.5	-3.88	-3.91	-3.90	-3.91	-3.99	-3.92
prov. Z-H	16	0.23	-4.13	-4.15	-4.15	-4.16	-4.21	-3.90	-3.92	-3.92	-3.93	-3.98	-3.93
	29	0.21	-4.12	-4.14	-4.14	-4.15	-4.24	-3.91	-3.93	-3.93	-3.94	-4.03	-3.95
S2 stuw		-4.22	-0.64	-0.65	-0.66	-0.66	-0.67	-4.86	-4.87	-4.88	-4.88	-4.89	-4.88
S2 duiker		-4.46	-0.39	-0.4	-0.42	-0.42	-0.43	-4.85	-4.86	-4.88	-4.88	-4.89	-4.87
S4 paal		-5.27	-0.65	-0.63	-0.67	-0.69	-0.69	-5.92	-5.90	-5.94	-5.96	-5.96	-5.94
S6 stuw boven		-4.62	-0.7	-0.69	-0.69	-0.69	-0.68	-5.32	-5.31	-5.31	-5.31	-5.30	-5.31
S6 stuw onder		-4.62	-0.85	-0.82	-0.84	-0.85	-0.87	-5.47	-5.44	-5.46	-5.47	-5.49	-5.47
P38 sloot/paal		-5.39	-0.53	-0.5	-0.55	-0.56	-0.56	-5.92	-5.89	-5.94	-5.95	-5.95	-5.93

BIJLAGE 2 Modellering stoftransport in het watervoerend pakket

2 pagina's

MODELLERING STOFTRANSPORT IN HET WATERVOEREND PAKKET

HST3D

De stoftransportberekeningen zijn uitgevoerd met het rekenprogramma HST3D. Met behulp van dit programma is het mogelijk tegelijkertijd stroming van grondwater en transport van verontreinigingen (lineaire ad- en desorptie) te modelleren in drie dimensies.

De volgende schematisatie is toegepast:

- het modelgebied beslaat een oppervlak van 1.650 x 1.000 meter en een dikte van 50 meter;
- het gehele gebied is opgedeeld in blokken die variëren van 50x50x25 tot 25x25x12.5 meter. De blokken rondom de put zijn het kleinst.
- er is alleen gekeken naar de water- en stoftransport in het watervoerend pakket;
- er is sprake van uniforme stroming in de watervoerende laag en wel in zuidwestelijke richting. De gradiënt bedraagt 0.00029 (zie deelrapport 1).
- er is geen rekening gehouden met verdunning door het opkwellen van (schoon) kwelwater vanuit dieper gelegen lagen. Indien het effect van verdunning door kwelwater wordt meegenomen, zal de extra verdunning circa een factor 2 bedragen.
- er is een berekening gemaakt voor de komende 100 jaar. In deze periode is het effect van diffusie verwaarloosbaar.

IJking; modellering 1969 tot heden

IJking van de modelberekening kan pas plaatsvinden als er gegevens zijn om de berekende verplaatsing te toetsen aan de gemeten verplaatsing van een verontreiniging. Er zijn analysegegevens bekend van monsters uit het watervoerend pakket net rondom de put (peilbuizen O1 tot en met O6) en circa 150 meter stroomafwaarts van de put (peilbuizen 37 en 38). Deze geven echter conflicterende informatie. In de peilbuizen rondom de put zijn niet tot nauwelijks verhoogde concentraties gevonden (Pb, Zn, fluorantheen, HCH verhoogd ten opzichte van de streefwaarde). In de peilbuizen 150 meter stroomafwaarts van de put worden met name hogere concentraties PAK, toluen en xyleen gemeten (zware metalen wat lager), zelfs hogere concentraties dan direct onder de put of gemiddeld in de put (deelrapport 2).

In het verleden zijn voor de PAK (en cresol) gemiddeld veel hogere concentraties in het grondwater gemeten in de put dan bij de monsternamen in 1995 (deelrapport 1).

De maximale concentraties worden in de punten 37 en 38 aangetroffen op 20 m-mv (circa 35 m-NAP).

De modelberekening kan dus op twee geheel verschillende manieren geïkt worden, afhankelijk van de aanname van de beginconcentratie in de put, een parameter die juist uit metingen bekend zou moeten zijn.

Gekozen is voor de slechtst mogelijke situatie, dat wil zeggen de hoogste uitgangskonzentraties in de put. IJking geschiedt dan op de resultaten gemeten in peilbuizen 37 en 38.

Deze concentraties worden ongeveer berekend (na 25 jaar) bij de volgende aannames:

- de doorlatendheid van de put is de eerste 25 jaar slechts een factor 10 lager dan die van het watervoerend pakket;
- de emissie van consolidatiewater is gemiddeld in de eerste 25 jaar zoals in tabel 2.1 is aangegeven;
- de retardatiefactor van het watervoerend pakket bedraagt 3;
- de dispersie bedraagt 25 meter (5 tot 12.5 meter rondom de put);
- in de put is de concentratie van het water continu 1, evenals het water dat uit de put komt; de concentratie van het water in het watervoerend pakket is 0. De berekende concentratieverdeling is derhalve een relatieve verdeling.

Modellering tot 100 jaar na heden

De concentratieverdeling zoals berekend na 25 jaar is als uitgangspunt gebruikt voor de berekening voor de volgende 100 jaar.

Daarnaast zijn de volgende parameters gebruikt:

- de doorlatendheid van de put is een factor 10.000 lager dan van het watervoerend pakket;
- de emissie van consolidatiewater is zoals in tabel 2.1 is aangegeven voor de volgende 100 jaar, dat wil zeggen dat de berekeningen gelden voor een situatie zonder extra ophogen;
- de retardatiefactor van het watervoerend pakket bedraagt 3;
- de dispersie bedraagt 25 meter (5 tot 12.5 meter rondom put);
- in de put is de concentratie van het water continu 1, evenals het water dat uit de put komt; de concentratie van het water in het watervoerend pakket is 0.

De theoretische retardatie voor de meest mobiele stof in de put (benzeen), bij een organisch stofgehalte van 0,5% bedraagt 2. Bij hetzelfde organisch stofgehalte bedraagt de retardatie voor de meest mobiele PAK (naftaleen) circa 17. Dat wil zeggen dat een retardatie van 3 laag is.

Verder dient opgemerkt te worden dat het verdunnend effect van kwelwater niet is meegenomen.

Op grond hiervan kan de berekende verspreiding als een maximale worden gezien, binnen de randvoorwaarde van de beginconcentratie in de put.

Bij extra ophogen van de put zal er meer consolidatiewater vrijkomen. Dit heeft echter weinig invloed op het algemene beeld van de verspreiding in het watervoerend pakket. De streefwaarde-contouren blijven binnen de hierboven genoemde grenzen liggen.

Interpretatie resultaten "worst case"; zonder kwel

Bij de interpretatie van de resultaten gaat de interesse uit naar de berekende ligging van de interventiewaarde-contour en de streefwaarde-contour.

Bij de simulatie met HST is geen rekening gehouden met het verdunnende effect van schoon kwelwater dat uit diepere lagen komt.

Tabel A geeft de berekende gemiddelde verspreiding na 100 jaar (vanaf de zuidwestrand van de put) voor diverse componenten, met en zonder het verdunnend effect van schoon kwelwater.

Indien uitgegaan wordt van de hoogste gemiddelde concentraties (oude gegevens; variant I) en het effect van kwel niet wordt meegenomen, geldt voor de maximale verspreiding na 100 jaar het volgende:

- voor 7 PAK ligt de *interventiewaarde*-contour tussen de 100 meter en 350 meter ten zuidwesten van de rand van de put;
- voor 2 PAK en cresol ligt de *interventiewaarde*-contour dicht bij de rand van de put namelijk op circa 40 meter. Voor de overige componenten (inclusief naftaleen) worden de *interventiewaarden* niet overschreden.
- voor 8 PAK, fenol en cresol ligt de *streefwaarde*-contour binnen de 0.0001-contour (tussen de 120 en 580 meter ten zuidwesten van de rand). Voor 2 PAK (indeno(123)pyreen en benzo(ghi)peryleen) ligt de *streefwaarde*-contour verder weg dan 580 meter ten zuidwesten van de put.
De verschillen in verspreidingsafstand wordt veroorzaakt door de spreiding in streefwaarden voor diverse PAK. De streefwaarde voor PAK in water is zeer laag, variërend van 0.1 tot zelfs 0.0002 µg/l (voor bijvoorbeeld indeno(123)pyreen).
- de *streefwaarde*-contouren voor de overige componenten liggen over het algemeen binnen de 0.02-contour ofwel binnen 120 meter van de zuidwestrand van de put (tri, aromaten, naftaleen) of binnen de 0.5-contour ofwel 30 meter van de rand van de put (zware metalen).

Uitgaande van de laagste **gemiddelde** concentraties (recente gegevens; variant II) volgt voor de maximale verspreiding na 100 jaar:

- er worden geen *interventiewaarden* overschreden;
- voor alle PAK, aromaten, fenol en tri ligt de *streefwaarde*-contour binnen de 0.01-lijn of binnen de 0.05-lijn (100 meter tot 260 meter stroomafwaarts van de rand van de put);
- voor minerale olie, cresol en zware metalen ligt de *streefwaarde*-contour binnen de 0.3 of 0.4-lijn (40 meter tot 50 meter ten zuidwesten van de rand van de put).

Hierbij dient wel te worden opgemerkt dat momenteel de concentraties PAK op 150 meter ten zuidwesten van de put (peilbuizen 37 en 38) hoger zijn dan volgens bovenstaand schema berekend na 100 jaar.

Interpretatie resultaten "worst case"; met effect kwel

Hoe groot de kwelstroom is vanuit dieper gelegen lagen is niet bekend. De kwel vanuit het watervoerend pakket richting deklaag bedraagt circa 0.25-0.5 mm/dag (zie deelrapport 1). Stel de hoeveelheid kwel die het gemodelleerde gebied binnenstroomt, bedraagt 0.25 mm/dag (dus het minimum) maal het oppervlak (1.650 x 1.000 meter) = 413 m³/dag. De hoeveelheid water die het gebied aan de noordoostkant binnenstroomt, bedraagt 334 m³/dag.

Het verontreinigd water wordt ingeval de kwel wel in beschouwing wordt genomen, ongeveer met een factor 2 verdund. Indien zonder kwel na 100 jaar de *streefwaarde*-contour op de 0.0001-lijn ligt, zal met kwel de *streefwaarde*-contour op de 0.0002-lijn komen te liggen etcetera.

Tabel A geeft de berekende gemiddelde verspreiding na 100 jaar (vanaf de rand van de put) voor diverse componenten, met en zonder het verdunnend effect van schoon kwelwater. Hieruit blijkt dat:

- de afstand waarbinnen een interventiewaarde PAK wordt overschreden 10 meter tot 200 meter ten zuidwesten van de put bedraagt. Dit geldt indien uitgegaan wordt van variant I. Voor de overige componenten en voor variant II zijn geen overschrijdingen van de interventiewaarde te verwachten.
- de afstand van de streefwaarde-contour tot de zuidwestrand van de put voor de diverse PAK 100 tot > 580 meter bedraagt (variant I) respectievelijk 60 tot 120 meter;
- voor de aromaten, fenol en tri de streefwaarde-contour op circa 60 tot 100 meter van de rand van de put ligt (beide varianten);
- voor zware metalen, minerale olie en cresol de streefwaarde-contour op circa 10 tot 40 meter van de rand van de put ligt (beide varianten).

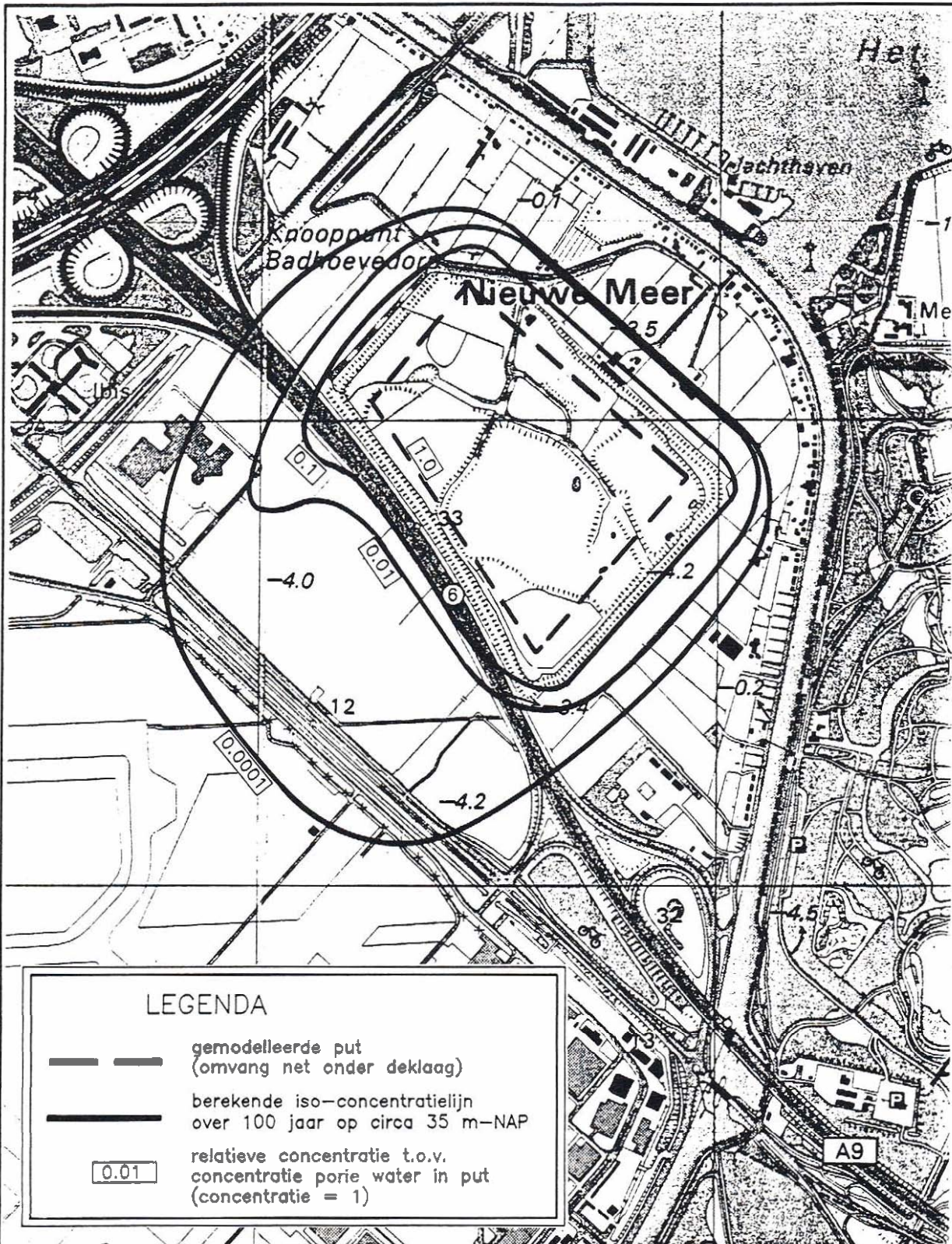
Tabel A
Berekende verspreiding in het watervoerende pakket op 35 m-NAP na 100 jaar

Parameter	gemiddelde ligging interventiewaarde-contour c.q. streefwaarde-contour ten zuidwesten van de rand van de put (in meters)					
	Variant I				Variant II	
	interventiewaarde zonder kwel met kwel		streefwaarde zonder kwel met kwel		streefwaarde # zonder kwel met kwel	
zware metalen	*	*	30	*	40	10
aromaten	*	*	110	100	100	60
benzo(ghi)peryleen	300	120	> 580	> 580	200	120
indeno(123)pyreen	310	120	> 580	580	200	120
benzo(a)pyreen/benzo-(k)fluorantheen	350	200	580	550	120	105
benzo(a)antr./chryseen	360	200	550	520	100	60
fluorantheen	100	60	550	520	120	105
anthraceen/fenantreen	40	10	480	430	120	105
naftaleen	*	*	120	105	110	100
minerale olie	*	*	*	*	40	10
fenol	*	*	430	380	200	120
trichlooretheen	*	*	120	105	110	100
cresol	40	10	410	350	50	20

er treden geen overschrijdingen van de interventiewaarde op
 * niet verspreid buiten de put

BIJLAGE 3 Resultaten verspreidingsberekeningen

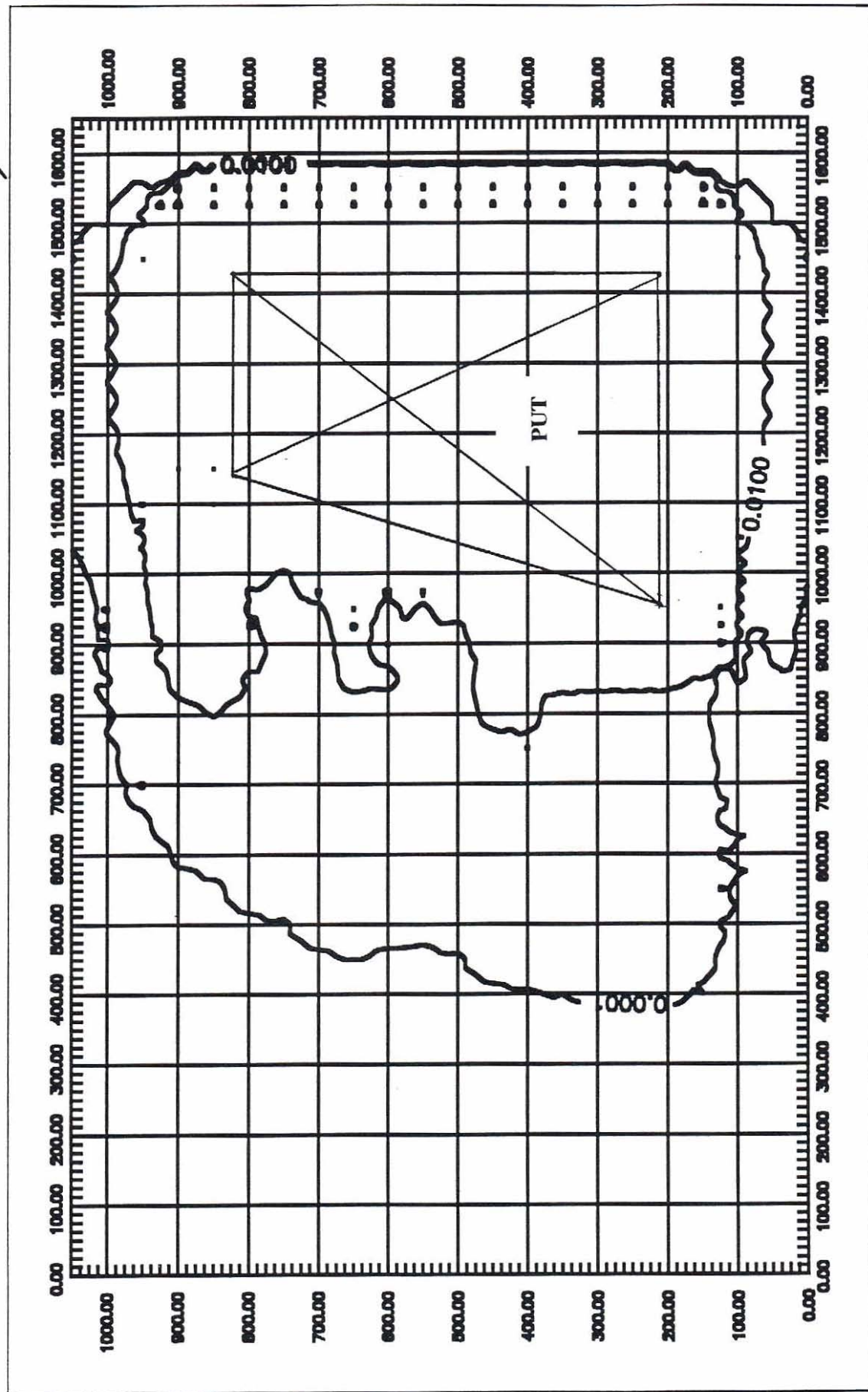
3 pagina's



© DHV Milieu & Infrastructuur BV

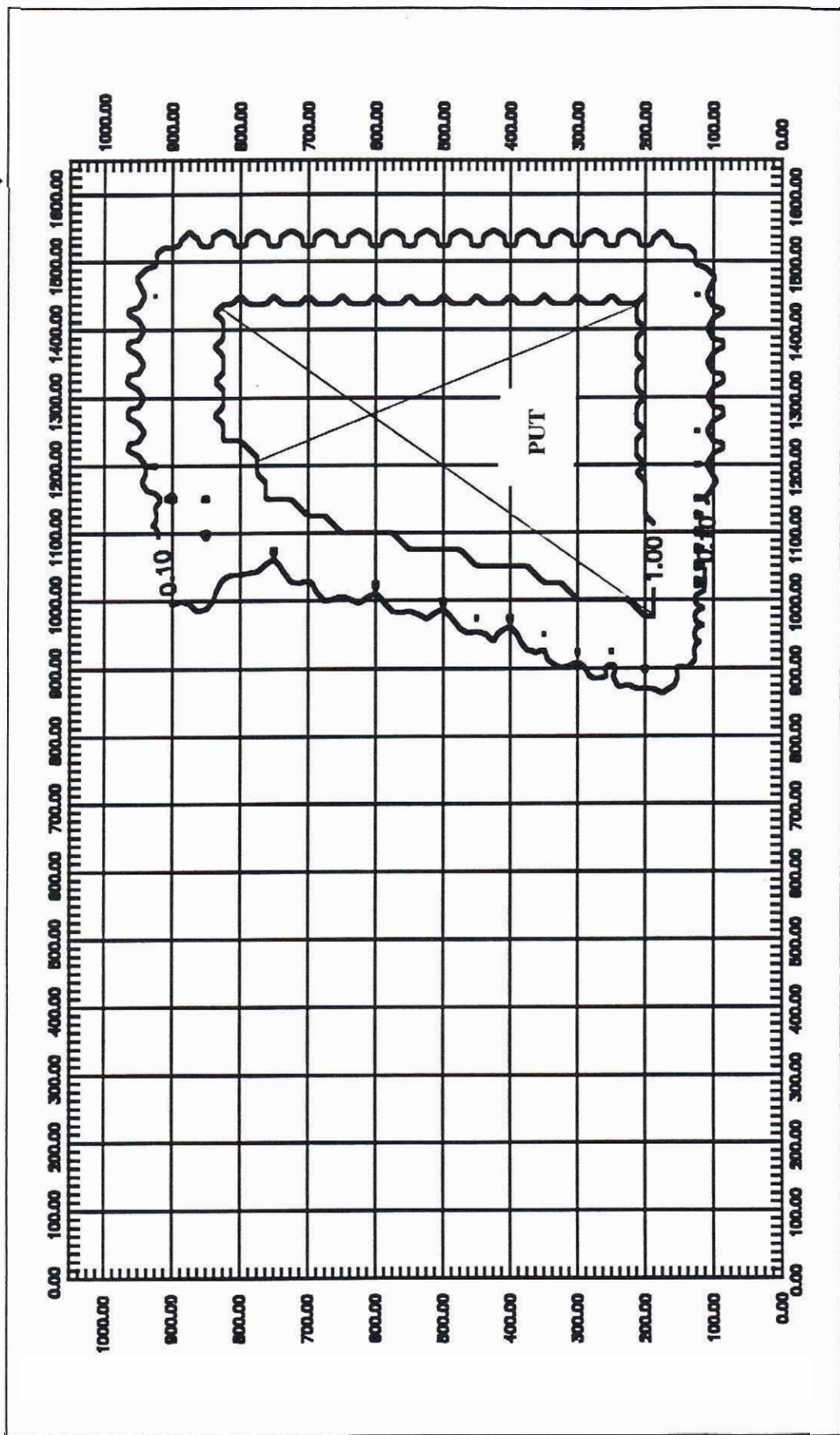
Dit tekening mag niet worden verspreid of openbaar gemaakt, of anderszins openbaar of op andere wijze worden verspreid of anderszins openbaar gemaakt, zonder de schriftelijke toestemming van DHV Milieu & Infrastructuur BV. Het is niet toegestaan deze tekening te kopiëren of te verspreiden.

gez.	SCHIPHOL V.M. ZANDWINPUT "NIEUWE MEER"		
get.	NV Luchthaven Schiphol		
uitg. datum		Bijlage 3	
		Berekende (relatieve) concentratieverdeling over 100 jaar ("worst case")	
		tekeningnummer	BNH08001
		datum	26-07-95
		schal	get. BD A4
		dossiernummer	gecontroleerd/ geautoriseerd
			J1317-71-001



Figuur 1

Berekende concentratieverdeling na 100 jaar ("worst case") op circa 35 m-NAP
 Aangegeven zijn de relatieve concentratiecontouren $c=0.0001$ en $c=0.01$



Figuur 2

Berekende concentratieverdeling na 100 jaar ("worst case") op circa 35 m-NAP
Aangegeven zijn de relatieve concentratiecontouren $c=0.1$ en $c=1$ (=concentratie in put)

