

Bgl wst 1176

DE MAASWERKEN

Ontwerp Bergingslocaties Zandmaas

Deelrapport Emissies naar grond- en
oppervlaktewater

WAU	Naam	Paraaf	Datum
Opgesteld door	drs. A. Biesheuvel	<i>AB</i>	17-4-2000
Getoetst door	dr. ir. G. E. Kamerling		
Geautoriseerd door	ir. H.H.A.G Wevers		
Status	definitief		
Documentnr.	WAU.OBZ-3-00031		

Opdrachtgever	Naam	Paraaf	Datum
Geaccepteerd door	ir. H. Stefess		

Inhoudsopgave

1. Inleiding	9
2. Beoordelingskader	11
2.1 Waterhuishoudingsplan Limburg	11
2.2 Actief Bodembeheer Maasdal	11
2.3 Beleidsstandpunt Verwijdering Baggerspecie	12
2.4 Grondwaterwinningen ten behoeve van drinkwater	13
2.5 Vierde Nota Waterhuishouding	13
3. Methodiek	15
3.1 Effecten op het grondwatersysteem	15
3.2 Effecten op de grondwaterkwaliteit	15
3.3 Effecten op de oppervlaktewaterkwaliteit	17
3.4 Overzicht van de berekeningen	17
4. Geologische en geohydrologische situatie Maasdal	19
4.1 Geologie	19
4.2 Geohydrologische schematisatie	19
5. Hoogwatergeul Well-Aijen	21
5.1 Modellerings	21
5.1.1 Beschrijving model	21
5.1.2 Calibratie	22
5.1.3 Referentiesituatie	22
5.2 Hydrologische effecten ingreep	22
5.2.1 Hydrologische effecten aanleg hoogwatergeul en bergingslocatie	22
5.2.2 Hydrologische effecten gevulde bergingslocatie	23
5.3 Emissie en verspreiding naar grondwater	24
5.3.1 Kwaliteit van de te storten grond	24
5.3.2 Variant 0	26
5.3.3 Variant 1	26
5.3.4 Variant 2	27
5.3.5 Variant 1 met gescheiden berging	28
5.3.6 Beïnvloeding grondwaterwinningen	29
5.3.7 Gevoeligheidsanalyse	29
5.4 Emissie naar het oppervlaktewater	30
5.4.1 Vulfase	30
5.4.2 Nazorgfase	31
6. Hoogwatergeul Ooijen	34
6.1 Modellerings	34
6.1.1 Beschrijving model	34
6.1.2 Calibratie	35
6.1.3 Referentiesituatie	36
6.2 Hydrologische effecten ingreep	36
6.2.1 Hydrologische effecten aanleg hoogwatergeul en bergingslocatie	36
6.2.2 Hydrologische effecten gevulde hoogwatergeul	37
6.3 Emissie en verspreiding naar grondwater	38
6.3.1 Kwaliteit van de gestorte grond	38
6.3.2 Variant 1	39
6.3.3 Variant 1 met gescheiden berging	39
6.3.4 Beïnvloeding grondwaterwinningen	40
6.4 Emissie naar oppervlaktewater	41
6.4.1 Vulfase	41

6.4.2 Nazorgfase	41
7. Kleischerm Lomm	44
7.1 Modellering	44
7.1.1 Beschrijving model	44
7.1.2 Calibratie	45
7.1.3 Referentiesituatie	46
7.2 Hydrologische effecten ingreep	46
7.2.1 Hydrologische effecten aanleg kleischerm	46
7.2.2 Hydrologische effecten gevuld kleischerm	47
7.3 Emissie en verspreiding naar grondwater	48
7.3.1 Kwaliteit van de gestorte grond	48
7.3.2 Variant 1	49
7.3.3 Variant 1 met gescheiden berging	50
7.3.4 Beïnvloeding grondwaterwinningen	52
7.4 Emissie naar het oppervlaktewater	52
7.4.1 Vulfase	52
7.4.2 Nazorgfase	52
8. Bergingslocatie Asseltse Plassen Zuid	54
8.1 Modellering	54
8.1.1 Beschrijving model	54
8.1.2 Calibratie	55
8.1.3 Referentiesituatie	55
8.2 Hydrologische effecten ingreep	56
8.2.1 Hydrologische effecten gevulde bergingslocatie	56
8.3 Emissie en verspreiding naar grondwater	56
8.3.1 Kwaliteit van de te storten grond bij variant 1	56
8.3.2 Variant 2	57
8.3.3 Variant 2 met gescheiden berging	58
8.3.4 Verontreinigde waterbodem	59
8.3.5 Beïnvloeding grondwaterwinningen ten behoeve van drinkwater	60
8.4 Emissie naar het oppervlaktewater	60
8.4.1 Vulfase	60
8.4.2 Nazorgfase	60
9. Samenvatting en conclusies	62
9.1 Samenvatting	62
9.1.1 Effecten op grondwaterstanden	62
9.1.2 Effecten verspreiding naar grondwater	63
9.1.3 Effecten verspreiding naar oppervlaktewater	66
9.1.4 Gevoeligheidsanalyse	68
9.2 Conclusies en aanbevelingen	70
9.2.1 Effecten op de grondwatersystemen en ten aanzien van het gebruik van het gebied	70
9.2.2 Effecten op de grondwaterkwaliteit en op grondwaterwinningen	70
9.2.3 Effecten op de oppervlaktewaterkwaliteit	71
9.2.4 Gevoeligheidsanalyse verdelingscoëfficiënten en organisch koolstofgehalte	71
9.2.5 Aanbevelingen	72
Bijlage I. Doorsneden bergingslocaties	73

Lijst van tabellen

Tabel 3.1. Modelvarianten verspreiding en emissie	18
Tabel 4.1. Opbouw van de ondergrond in de Venlo Slenk	20
Tabel 4.2. Opbouw van de ondergrond in de Roerdalslenk	20
Tabel 5.1. Schematisatie van de ondergrond bij Well-Aijen	21
Tabel 5.2. Maatgevende concentratie van verontreinigingen bij Well-Aijen	24
Tabel 5.3. Bepaling van de kritische verontreiniging	25
Tabel 5.4. Emissie van verontreinigingen bij variant 0	26
Tabel 5.5. Beïnvloed volume na 10.000 jaar bij variant 0	26
Tabel 5.6. Emissie van verontreinigingen bij variant 1	26
Tabel 5.7. Emissie van verontreinigingen na 100 jaar zonder consolidatieflux	27
Tabel 5.8. Beïnvloed volume na 10.000 jaar bij variant 1	27
Tabel 5.9. Emissie van verontreinigingen bij variant 2	27
Tabel 5.10. Beïnvloed volume na 10.000 jaar bij variant 2	28
Tabel 5.11. Maatgevende concentratie van verontreinigingen bij gescheiden berging	28
Tabel 5.12. Emissie van verontreinigingen bij gescheiden berging	28
Tabel 5.13. Beïnvloed volume na 10.000 jaar bij gescheiden berging	28
Tabel 5.14. Uitgeloopte vracht naftaleen vanuit bergingslocatie Well-Aijen	29
Tabel 5.15. Emissie van variant 1 waarbij het grondwater rondom de geul reeds is vervuild tot aan de streefwaarde	29
Tabel 5.16. Emissie van variant 1 waarbij de foc van het eerste watervoerende pakket 0,05% bedraagt.30	
Tabel 5.17. Emissie van variant 1 met verhoogde Koc (log Koc naftaleen 4,1 ipv 3,18; fenantreen 5,8 ipv 4,56; fluorantheen 5,9 ipv 4,98)	30
Tabel 5.18. Emissie naar de Maas tijdens stortfase	30
Tabel 5.19. Emissie naftaleen naar de Maas door uittredend poriewater	32
Tabel 5.20. Emissie naftaleen naar de Maas via het grondwater	32
Tabel 6.1. Schematisatie van de ondergrond bij Ooijen.	34
Tabel 6.2. Maatgevende concentratie van verontreinigingen Ooijen	38
Tabel 6.3. Bepaling van de kritische verontreiniging	38
Tabel 6.4. Emissie van verontreinigingen bij variant 1	39
Tabel 6.5. Beïnvloed volume na 10.000 jaar bij variant 1	39
Tabel 6.6. Maatgevende concentratie van verontreinigingen bij gescheiden berging	40
Tabel 6.7. Emissie van verontreinigingen bij gescheiden berging	40
Tabel 6.8. Beïnvloed volume na 10.000 jaar bij gescheiden berging	40
Tabel 6.9. Uitgeloopte vracht naftaleen vanuit bergingslocatie Ooijen	40
Tabel 6.10. Emissie naar de Maas tijdens stortlegfase	41
Tabel 6.11. Emissie naftaleen naar de Maas door uittredend poriewater	42
Tabel 6.12. Emissie naftaleen naar de Maas via het grondwater	42
Tabel 7.1 Schematisatie van de ondergrond in de omgeving van Lomm	44
Tabel 7.2. Maatgevende concentratie van verontreinigingen bij Lomm	48
Tabel 7.3. Bepaling van de kritische verontreiniging	49
Tabel 7.4. Emissie van verontreinigingen bij variant 1	49
Tabel 7.5. Beïnvloed volume na 10.000 jaar bij variant 1	49
Tabel 7.6. Maatgevende concentratie van verontreinigingen bij gescheiden berging	50
Tabel 7.7. Emissie van verontreinigingen bij gescheiden berging	51
Tabel 7.8. Beïnvloed volume na 10.000 jaar bij gescheiden berging	51
Tabel 7.9. Uitgeloopte vracht naftaleen vanuit bergingslocatie Lomm	52
Tabel 7.10. Emissie naar de Maas tijdens stortfase	52
Tabel 7.11. Emissie naftaleen naar de Maas door uittredend poriewater	53
Tabel 7.12. Emissie naftaleen naar de Maas via het grondwater	53
Tabel 8.1. Schematisatie van de ondergrond bij Asseltse Plassen	54
Tabel 8.2. Maatgevende concentratie van verontreinigingen bij Asseltse Plassen Zuid variant 1	56
Tabel 8.3. Bepaling van de kritische verontreiniging	57
Tabel 8.4. Emissie van verontreinigingen bij variant 1	57
Tabel 8.5. Beïnvloed volume na 10.000 jaar bij variant 1	57
Tabel 8.6. Maatgevende concentratie van verontreinigingen bij variant 2	57
Tabel 8.7. Emissie van verontreinigingen bij variant 2	58
Tabel 8.8. Beïnvloed volume na 10.000 jaar bij variant 2	58

Tabel 8.9. Maatgevende concentratie van verontreinigingen bij gescheiden berging	58
Tabel 8.10. Emissie van verontreinigingen bij gescheiden berging	58
Tabel 8.11. Beïnvloed volume na 10.000 jaar bij gescheiden berging	59
Tabel 8.12. Maatgevende concentratie van verontreinigingen in de verontreinigde waterbodem	59
Tabel 8.13. Emissie van verontreinigingen met verontreinigde waterbodem	59
Tabel 8.14. Uitgeloopte vracht naftaleen vanuit bergingslocatie Asseltse Plassen Zuid	59
Tabel 8.15. Emissie naar de Maas tijdens stortfase	60
Tabel 8.16. Emissie naftaleen naar de Maas door uittredend poriewater	60
Tabel 8.17. Emissie naftaleen naar de Maas via het grondwater	61
Tabel 9.1. Geometrie doorgerekende varianten	62
Tabel 9.2. Effecten op de grondwaterstand tijdens aanlegfase en consolidatiefase	63

Lijst van Figuren

Figuur 4.1. Tektonische eenheden en ligging bergingslocaties	19
Figuur 5.1. Verlaging grondwaterstand in de aanlegfase bij hoogwatergeul Well-Aijen (interval 0,05 m, weergegeven gebied 4,75 km bij 4,4 km)	23
Figuur 5.2. Verhoging van de grondwaterstand in de consolidatiefase bij bergingslocatie Well-Aijen (interval 0,05 m, weergegeven gebied 4,6 km bij 4,2 km)	24
Figuur 5.3. Gehalte naftaleen in hoogwatergeul Well-Aijen (worst case)	32
Figuur 6.1. Verlaging van de grondwaterstand in de aanlegfase bij hoogwatergeul Ooijen (interval 0,05 m, weergegeven gebied 2,4 km bij 2,6 km)	36
Figuur 6.2 Verhoging van de grondwaterstand in de consolidatiefase bij bergingslocatie Ooijen (interval 0,05 m, weergegeven gebied 2,2 km bij 2,4 km)	38
Figuur 6.3 Gehalte naftaleen in hoogwatergeul Ooijen (worst case)	42
Figuur 6.4. Emissie naar de Maas variant 1	43
Figuur 7.1. Verlaging van de grondwaterstand in het 1 ^e en laatste deel van de aanlegfase bij kleischerm Lomm (interval 5 cm, weergegeven gebied 2,5 km bij 3 km)	47
Figuur 7.2. Verhoging van de grondwaterstand in de consolidatiefase bij kleischerm Lomm (weergegeven gebied 4 km bij 6 km)	48
Figuur 7.3. Schematische doorsnede (niet op schaal) van het kleischerm Lomm bij gescheiden berging	49
Figuur 8.1. Verhoging grondwaterstand bij gevulde bergingslocatie bij Asseltse Plassen Zuid variant 2 (lijnen 5, 10 en 25 cm, verder interval 25 cm, weergegeven gebied 2 km bij 2 km)	55
Figuur 9.1. Opgelost gehalte naftaleen in poriewater	63
Figuur 9.2. Emissie naftaleen	63
Figuur 9.3. Uitloging vracht naftaleen uit bergingslocaties	64
Figuur 9.4. Beïnvloed volume naftaleen na 10.000 jaar	64
Figuur 9.5. Maximale jaarlijkse emissie van naftaleen naar de Maas	65
Figuur 9.6. Emissie van naftaleen naar de Maas tijdens stortfase	66
Figuur 9.7. Emissie van naftaleen naar de Maas door uittredend poriewater	66
Figuur 9.8. Emissie van naftaleen naar de Maas via het grondwater	67
Figuur 9.9. Totale emissie van naftaleen naar de Maas in periode van 1.000 jaar	67
Figuur 9.10. Gevoeligheidsanalyse	68

1. Inleiding

Aanleiding

Begin 1999 is de Trajectnota/MER Zandmaas/Maasroute gereed gekomen. Op advies van de Commissie MER is De Maaswerken bezig deze nota op een aantal punten aan te vullen. Eén van deze aanvullingen betreft de uitwerking van bergingslocaties voor niet-vermarktbaar grond.

De projectorganisatie De Maaswerken heeft WAU gecontracteerd om een studie te verrichten naar de inrichting van deze bergingslocaties en de effecten daarvan op het grond- en oppervlaktewater vast te stellen.

Doel

Deze studie dient voldoende informatie op te leveren om de aanvulling op de Trajectnota/MER te kunnen schrijven.

Rapportage

Het resultaat van de studie is vastgelegd in de volgende rapportages:

- | | |
|---|------------------------|
| • Programma van Eisen (versie 1) | WAU.OBZ-3-99081 |
| • Programma van Eisen (versie 2) | WAU.OBZ-3-00026 |
| • Deelrapport Waterbouwkunde | WAU.OBZ-3-00029 |
| • Deelrapport Consolidatie | WAU.OBZ-3-00030 |
| • Deelrapport Emissies naar grond- en oppervlaktewater | WAU.OBZ-3-00031 |

De studie is gefaseerd uitgevoerd. In de eerste fase is het Programma van Eisen opgesteld. Op basis van dit Programma van Eisen zijn in de tweede fase de werkzaamheden uitgevoerd, waaronder de bepaling van effecten op grond- en oppervlaktewater. Om de wijzigingen die zich in Fase 2 hebben voorgedaan ten aanzien van het Programma van Eisen vast te leggen, is in Fase 2 een tweede versie van het Programma van Eisen opgesteld.

Inhoud van deze rapportage

In deze rapportage zijn de effecten op grondwaterstanden en op de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater gepresenteerd van de voorgenomen bergingslocaties voor niet-vermarktbaar grond in het kader van de Zandmaas plannen. De effecten zijn berekend met behulp van een grondwaterstromings- en transportprogramma. Het betreft de volgende vier locaties:

- Hoogwatergeul Well-Aijen
- Hoogwatergeul Ooijen
- Kleischerm Lomm
- Asseltse Plassen Zuid

Beschrijving beschouwde bergingslocaties

In onderliggende rapportage zijn vier bergingslocaties van niet-vermarktbaar grond beschouwd. Deze niet-vermarktbaar grond zal vrijkomen bij uitvoering van het Combinatie-alternatief van de Trajectnota/MER Zandmaas/Maasroute. De vier bergingslocaties zijn gepland ter hoogte van de gemeentes Lomm en Ooijen, tussen de gemeentes Well en Aijen, en in de Asseltse Plassen Zuid. In bijlage 1 zijn schetsmatig de belangrijkste kenmerken van de bergingslocaties en de varianten voor de inrichting aangegeven. Hieronder volgt een korte beschrijving van de varianten.

Well-Aijen

Voor de bergingslocatie Well-Aijen zijn drie varianten beschouwd, te weten Variant 0, 1 en 2. De varianten betreffen bergingslocaties onder de twee hoogwatergeulen die ter hoogte van de gemeentes Well en Aijen zijn gepland. Bij variant 0 en 1 wordt alleen niet-vermarktbaar grond geborgen die vrijkomt bij de aanleg van de hoogwatergeul en de weerdverlaging daaromheen, bij variant 2 wordt daarnaast ook nog niet-vermarktbaar grond, die vrijkomt bij het verdiepen van de Maas in het stuwpand Sambeek, geborgen.

Daarnaast is verder beschouwd 'Variant 1 met gescheiden berging'. In deze variant is weer verondersteld dat de klasse 3 en 4 grond apart wordt ontgraven en als tussenlaag, gescheiden van de klasse 0, 1 en 2 grond, in de bergingslocatie wordt geborgen.

Ooijen

Voor de bergingslocatie Ooijen zijn twee varianten beschouwd, genaamd Variant 0 en Variant 1. Beide varianten betreffen bergingslocaties onder de aan te leggen hoogwatergeul. Hierin zal de niet-vermarktbare grond, die vrijkomt bij de aanleg van de hoogwatergeul en weerdverlaging daaromheen, ongescheiden worden geborgen.

Variant 0 betreft een ondiepe bergingslocatie onder een smalle hoogwatergeul, Variant 1 een diepere bergingslocatie onder een bredere hoogwatergeul. Door De Maaswerken is tijdens de uitvoering van dit project, besloten om variant 0 buiten de beschouwing te laten. De consolidatie-berekeningen waren toen al uitgevoerd voor variant 0, zodat in het Deelrapport Consolidatie, deze variant nog wel is beschouwd.

Daarnaast is verder beschouwd 'Variant 1 met gescheiden berging'. In deze variant is weer verondersteld dat klasse 3 en 4 grond apart wordt ontgraven en als tussenlaag, gescheiden van de klasse 0, 1 en 2 grond, in de bergingslocatie wordt geborgen.

Lomm

Voor de bergingslocatie Lomm is één variant beschouwd, genaamd Variant 1. Deze variant behelst het ongescheiden bergen van niet-vermarktbare grond in de vorm van een kleischerm. De niet-vermarktbare grond die geborgen moet worden, komt vrij bij de aanleg van de hoogwatergeul bij Lomm en de weerdverlaging daaromheen en het verdiepen van de Maas in het stuwpand Sambeek.

Daarnaast is ook beschouwd 'Variant 1 met gescheiden berging'. In deze variant is verondersteld dat de klasse 3 en 4 grond apart wordt ontgraven en als tussenlaag, gescheiden van de klasse 0, 1 en 2 grond, in de bergingslocatie wordt geborgen.

Asseltse Plassen Zuid

Voor de bergingslocatie Asseltse Plassen Zuid zijn twee varianten beschouwd, te weten Variant 1 en Variant 2. Beide varianten zijn gelegen in de ontgrondingsplas Asseltse Plassen Zuid, welke tot september 2003 wordt ontgrond tot een diepte van ongeveer 30 m onder water. In de bergingslocatie Asseltse Plassen Zuid zal alleen niet-vermarktbare grond, die vrijkomt bij het verdiepen van de Maas, worden geborgen.

Daarnaast is verder beschouwd 'Variant 2 met gescheiden berging'. In deze variant is weer verondersteld dat de klasse 3 en 4 grond apart wordt ontgraven en als tussenlaag, gescheiden van de klasse 0, 1 en 2 grond, in de bergingslocatie wordt geborgen.

2. Beoordelingskader

Voor de beoordeling van de effecten van de voorgenomen activiteiten op de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater en op de grondwaterstanden is aangesloten bij de Trajectnota/MER Zandmaas-/Maasroute. Aspecten die aan de orde komen zijn emissie naar grond- en oppervlaktewater, bedreiging grondwateronttrekking, verdroging/vernatting, kwaliteit van het oppervlaktewater en de netto emissies van verontreinigingen naar de Maas.

2.1 Waterhuishoudingsplan Limburg

Voor het beoordelen van de geohydrologische effecten (verandering grondwaterstanden) is het van belang onderscheid te maken in primaire en secundaire effecten. Met primaire effecten wordt de wijziging van de grondwaterstand op zich bedoeld. De gevolgen van een wijziging in grondwaterstand is afhankelijk van de gebruiksfunctie van het gebied waar verandering optreedt. Dit zijn over het algemeen de functies "landbouw" en "natuur". Ten aanzien van mogelijke verandering van de grondwaterstanden in natuurgebieden is het waterhuishoudingsbeleid in Limburg van belang.

Het waterhuishoudingsbeleid wordt omschreven in de nota 'Evaluatie en Actualisering Waterhuishoudingsplan Limburg 1991-1995' (EWHP, Provincie Limburg, 1995). In de nota is het WHP van de planperiode 1991-1995 geëvalueerd. Daarnaast is het beleid voor de periode 1995-1998 geactualiseerd.

Verdroging

Ten aanzien van verdroging is in het EWHP de volgende hoofddoelstelling geformuleerd:

Het tegengaan van verdroging van hydrologisch gevoelige natuurgebieden en het herstellen van een deel van de reeds verdroogde natuurgebieden, waarbij de prioriteit ligt bij de kansrijke kerngebieden uit de ecologische hoofdstructuur (prioritaire gebieden). Hierbij geldt dat de verdroging van de natuurgebieden in 1996 kleiner is dan in het referentiejaar 1989, als tussendoel voor de landelijke doelstelling dat in het jaar 2000 de verdroging met 25% dient te zijn afgenomen ten opzichte van 1985.

De middelen die aangewend worden om deze doelstelling te bereiken, zijn onder meer restricties ten aanzien van ontgrondingen. Zo dienen de hydrologische effecten door de uitvoering van ontgrondingen ~~dienen~~ zoveel mogelijk beperkt te worden en mogen zij in principe niet leiden tot verdroging van grondwaterafhankelijke natuurwaarden.

Prioritaire gebieden

Nabij de berging Lomm bevindt zich het prioritaire gebied Ravenvennen. Het natuurgebied Lommerbroek ligt direct ten noorden van de Ravenvennen. Ten noord-westen van Ooijen ligt het prioritaire gebied Sohr-Legerterbos. Nabij de Asseltse Plassen ligt het (prioritaire) natuurgebied Vuilbenden. Bij de effect beschrijving wordt aangegeven wat de ingrepen betekenen voor deze gebieden.

2.2 Actief Bodembeheer Maasdal

Voor de beoordeling van de effecten van het bergen van (verontreinigde) grond kan onderscheid worden gemaakt in drie soorten risico's:

- humane risico's
- ecotoxicologische risico's
- verspreidingsrisico's

In de concept-nota 'Actief bodembeheer in het Maasdal' (ook bekend als Saneringsvisie Maas) zijn deze risico's verder uitgewerkt. In de saneringsvisie zijn de humane en ecotoxicologische risico's met name beschreven voor het 'terugplaatsen' van vrijkomende grond (dus in termen van bodemkwaliteitseisen).

Gezien het karakter van het onderhavige onderzoek is met name het deel van de saneringsvisie over verspreidingsrisico's van belang. Dat deel van de saneringsvisie is echter voor een concrete beoordeling van de resultaten van verspreidingsberekeningen lastig te hanteren, omdat geen heldere (getalsmatige) uitspraken worden gedaan en omdat de beoordeling van de verspreidingsrisico's indirect plaatsvindt, aan de hand van een beoordeling van de humane en/of ecotoxicologische risico's. In de saneringsvisie wordt ten aanzien van de beoordeling van de verspreiding van verontreinigingen vanuit baggerspeciedepots (nieuw te graven of in bestaande plassen) het beleidstandpunt Verwijdering Baggerspecie gevolgd, met een toevoeging ten aanzien van de beoordeling in het geval er reeds een laag (verontreinigd) sediment in een bergingslocatie aanwezig is.

Vanwege het karakter van de onderhavige verspreidingsberekeningen is in dit rapport daarom voor wat betreft het grondwater het beoordelingskader uit het **Beleidsstandpunt Verwijdering Baggerspecie** gehanteerd.

Voor humane risico's is een aanvullende beoordeling opgesteld in relatie tot het gebruik van het grondwater. Deze beoordeling komt er met name neer op het nagaan of het grondwater dat mogelijk wordt beïnvloed een functie heeft voor de mens. Concreet wordt dan gekeken naar mogelijke bedreigingen van **grondwaterwinningen ten behoeve van de drinkwater**.

Voor eco-toxicologische risico's geeft de **Vierde Nota Waterhuishouding** ijkpunten voor verontreinigingen in het oppervlaktewater.

2.3 Beleidsstandpunt Verwijdering Baggerspecie

De emissies naar bodem en grondwater zijn beoordeeld volgens het Beleidsstandpunt Verwijdering Baggerspecie. In het Beleidsstandpunt Verwijdering Baggerspecie (Tweede Kamer, vergaderjaar 1993-1994, 23450, nr. 1) zijn richtlijnen opgenomen voor de locatiekeuze en voor de beoordeling van de wijze van inrichten van baggerspeciestortplaatsen. Deze richtlijnen hebben vooral betrekking op het beperken van de belasting van bodem en water met verontreinigende stoffen. De drie uitgangspunten daarbij zijn:

1. minimaliseren van de emissie door het treffen van IBC-maatregelen
2. inherente veiligheid van de stortplaats, zodat ook op langere termijn de minimalisatie van de emissie is gewaarborgd
3. minimaliseren van de gevolgen van de restemissie door een locatiekeuze waarbij het gebied van beïnvloeding minimaal is.

De in deze richtlijnen opgenomen criteria hebben betrekking op gehalten in grondwater en poriewater, de emissies uit de bergingslocatie (berekend als een flux, dat wil zeggen een emissie per eenheid van tijd en oppervlak) en op de omvang van het volume grondwater dat door emissies uit een depot wordt beïnvloed. Het beleidsstandpunt dient te worden gezien als een richtlijn op basis waarvan per geval een nadere (ALARA) afweging kan worden gemaakt. Het BVB richt zich sterk op de verspreiding van verontreinigingen naar het grondwater, maar geeft geen richtlijnen voor een eco- en humaan-toxicologische risicobeoordeling.

Volgens het Beleidsstandpunt verwijdering baggerspecie dienen emissies uit baggerspeciedepots conform het ALARA-beginsel op de best mogelijke wijze te worden tegengegaan. Ten aanzien van het isolatieaspect van de IBC-criteria is volgens het Beleidsstandpunt de volgende stapsgewijze benadering van toepassing:

1. Toetsing concentraties poriewater aan streefwaarden

Toetsing van de kwaliteit van het uittredend poriewater aan de streefwaarden grondwater. Voor stoffen waar geen overschrijding optreedt kan een nadere beschouwing achterwege blijven. Wanneer voor geen enkele verontreinigde stof overschrijding van streefwaarden grondwater plaatsvindt zijn geen verdere isolatievoorzieningen vereist. Voor stoffen waarbij de streefwaarden in het poriewater worden overschreden dient stap 2 te worden uitgevoerd.

Tabel 2.1. Streefwaarde grondwater kritische stoffen

PAK	streefwaarde (mg/m ³)
naftaleen	0,1
fenantreen	0,02
fluorantheen	0,005

2. Toetsing fluxen aan toelaatbare fluxen

Toetsing van de emissie uit de baggerspeciéstortplaats aan de toelaatbare flux. Zonodig dienen verschillende varianten en/of locaties in beschouwing te worden genomen. Worden toelaatbare fluxen niet overschreden, dan is het treffen van isolerende maatregelen niet nodig. Worden toelaatbare fluxen wel overschreden, dan dient stap 3 te worden uitgevoerd.

Tabel 2.2 Toelaatbare fluxen kritische stoffen naar het grondwater (Beleidsstandpunt Verwijdering Baggerspecie, 1993)

PAK	toelaatbare flux (mg/ha/jaar)
naftaleen	200
fenantreen	40
fluorantheen	10

3. Toetsing verspreiding aan toelaatbaar beïnvloed gebied

Indien het volume van het beïnvloed grondwater (tot gehalten boven de streefwaarde) na 10.000 jaar kleiner is dan het volume van het depot, is het nemen van maatregelen veelal minder urgent. Het beïnvloed gebied bestaat bij depots onder grondwater uit het deel van de bodem (over het algemeen het watervoerend pakket) waarin na 10.000 jaar de streefwaarden voor grondwater worden overschreden.

Indien het volume van het beïnvloed gebied na 10.000 jaar groter is dan het depotvolume, dan moet worden gestreefd naar het nemen van zodanige maatregelen dat aan het gestelde criterium wel wordt voldaan. Isolerende maatregelen, die dit zouden kunnen bewerkstelligen, moeten daarbij passen binnen het ALARA-principe.

2.4 Grondwaterwinningen ten behoeve van drinkwater

In het gebied rondom de Maas zijn een aantal lokaties waar grondwater wordt onttrokken ten behoeve van drinkwaterbereiding. De effecten van de bergingslocaties worden mede gezien in het licht van eventuele bedreigingen van deze grondwaterwinningen. Dit criterium heeft tot doel zichtbaar te maken welke risico's de voorgenomen activiteiten kunnen hebben voor de drinkwaterindustrie. De risico's worden kwalitatief ingeschat op basis van de gemodelleerde grondwaterpatronen in relatie tot de ligging van de winningen.

2.5 Vierde Nota Waterhuishouding

Beoordeling

In de Vierde Nota Waterhuishouding (1998) worden ijkpunten gegeven voor de beoordeling van verontreiniging in het oppervlaktewater vanuit een risico-benadering. Het ecotoxicologisch risico als gevolg van verspreiding van verontreinigingen in het watersysteem staat hierbij centraal.

De risicobenadering vormt een belangrijk uitgangspunt voor het huidige waterkwaliteitsbeleid.

Bij de risicobenadering staan drie risiconiveaus centraal:

- het ernstig risiconiveau (ER), waarbij 50% van de soorten in een systeem kans op nadelig te waarden effecten ondervindt;

- het maximaal toelaatbaar risiconiveau (MTR), waarbij 5% van de soorten in een systeem kans op nadelig te waarden effecten ondervindt;
- het verwaarloosbaar risiconiveau (VR), dit ligt op 1/100 van het MTR.

x *waar in*
globaal achtergrond-
niveau

Een risiconiveau tussen VR en MTR wordt aanvaardbaar geacht, terwijl een risiconiveau tussen MTR en ER als verhoogd wordt beschouwd. Bij overschrijding van het ER wordt gesproken over een ernstig risico.

De MTR-aqua is een ijkpunt voor de risicobeoordeling in het watersysteem voor wat betreft het storten van specie in open putten.

Het gehanteerde MTR-niveau is gebaseerd op het beleidsmatig vastgestelde MTR als minimumkwaliteit voor oppervlaktewater en sediment, vastgelegd in de Vierde Nota Waterhuishouding. Het ER-aquatisch is niet beleidsmatig vastgelegd in de Vierde Nota Waterhuishouding. Voor het ER-niveau zijn vooralsnog alleen voorlopige waarden beschikbaar.

Tabel 2.2 Normering oppervlaktewaterkwaliteit kritische stoffen (4^e Nota Waterhuishouding, 1998)

PAK	MTR-aqua (ug/l)
naftaleen	1,2
fenantreen	0,3
fluorantheen	0,3

3. Methodiek

Bij het bepalen van de effecten zijn de levensfasen van een depot belangrijk. De volgende fasen worden onderscheiden: de **aanlegfase**, waarin het depot wordt ontgraven, de **vulfase**, waarin het materiaal wordt gestort, en de **nazorgfase**, waarin afwerking en nazorg een rol speelt. Consolidatie van het materiaal treedt op in de vulfase en in het eerste deel van de nazorgfase.

Het verwijderen van (verontreinigde) grond uit het stroombed van de Maas kan een positief effect hebben op de oppervlaktewater- en grondwaterkwaliteit. In het kader van dit onderzoek zijn deze positieve effecten niet bepaald.

3.1 Effecten op het grondwatersysteem

Voor wat betreft de effecten op zijn grondwatersysteem zijn met name de aanlegfase en de nazorgfase van belang. De effecten in de vulfase bevinden zich, naar verwachting tussen de effecten in deze twee fasen.

In de **aanlegfase** vindt de ontgraving van de berging plaats, waardoor in het algemeen sprake is van een verlaging van de grondwaterstand, omdat in de aanlegfase ter plekke van de hoogwatergeul-/bergingslocatie de Maaspeilen worden aangehouden. Deze liggen lager dan de huidige grondwaterstand, zodat verlagingen van de grondwaterstand optreden.

Bij gevuld depot (**nazorgfase**) vormt de hoogwatergeul/berging in meer of mindere mate een barrière voor de grondwaterstroming, zodat mogelijk enige opstuwing van grondwater kan optreden.

referentiesituatie

De effecten op het grondwater zijn vastgesteld ten opzichte van een referentiesituatie. Dit is de situatie na uitvoering van het combinatie-alternatief. Hierbij wordt het peil van de stuw bij Sambeek met ca. 0,7 m verhoogd. Deze verhoging van het stuwpeil neemt stroomopwaarts langzaam af. De peilen die na uitvoering van het combinatie-alternatief bij de locaties op zullen treden (bij een afvoer van 250 m³/s), zijn opgenomen in het PvE.

Voor het vaststellen van de referentiesituatie is gebruik gemaakt van reeds bestaande grondwatermodellen van de bergingslocaties. Deze zijn, indien nodig, opnieuw gecalibreerd voor de huidige situatie, en vervolgens is de peilverhoging bij uitvoering van het Combinatie-alternatief ingevoerd. Daarna zijn in deze modellen de ingrepen ingebracht (ontgraving en gevuld depot), zodat vervolgens de verschillen tussen de referentiesituatie enerzijds en de situatie bij ontgraving en bij gevuld depot anderzijds kunnen worden berekend.

gebruiksfunctie gebied met grondwaterstandsverandering

Indien grondwaterstandsveranderingen optreden als gevolg van een ingreep, is het gebruik van het gebied waar de grondwaterstandsverandering optreedt belangrijk. Voor elke lokatie is aangegeven wat de gebruiksfunctie is van het beïnvloed gebied.

programmatuur

Voor de berekeningen is gebruik gemaakt van het simulatieprogramma voor grondwaterstroming MODFLOW (pre- en postprocessor PMWin, versie 4.10, 1997)

3.2 Effecten op de grondwaterkwaliteit

Voor het bepalen van effecten op de grondwaterkwaliteit is met name de vulfase en de nazorgfase van belang. Er is aangenomen dat bij de ontgraving geen beïnvloeding van de grondwaterkwaliteit optreedt. Beïnvloeding van de grondwaterkwaliteit kan plaatsvinden door verspreiding van verontreiniging uit de berging. De belangrijkste deelprocessen bij de verspreiding van verontreinigingen zijn

advectief en diffusief transport. Deze processen worden gesimuleerd met het programma voor stof-transport MT3D (Modular Three-Dimensional Transport Model, versie 2.00, 1996)

Op hoofdlijnen is de volgende werkwijze gevolgd:

1. Met behulp van het programma (FSCONBAG) is het consolidatiegedrag van het te bergen materiaal gesimuleerd. Een van de uitkomsten van de simulatie is de consolidatieflux naar het grondwater. Deze flux is gebruikt als invoer voor de modellering van de effecten op het grondwatersysteem.
2. De grondwaterstroming in en rondom de berging is gesimuleerd met het computerprogramma MODFLOW.
3. Op basis van de resultaten van de MODFLOW-berekeningen is de emissie en de verspreiding van verontreinigingen berekend met het programma MT3D. Emissies zijn gepresenteerd voor een periode van 100, 250 en 1.000 jaar. De verspreiding van de verontreiniging (beïnvloed volume) is berekend voor een periode van 10.000 jaar.

De grond die in de bergingslocaties geborgen zal worden, is afkomstig van verschillende locaties. Per bergingslocatie en soms ook per variant is er daarom verschil in samenstelling van de te bergen grond, zowel wat betreft fysische parameters (gehalte organische stof) als wat betreft de verontreinigingsgraad. In het PvE zijn alle relevante parameters in overzichtstabellen opgenomen.

De emissie is berekend aan de hand van de modelmatig berekende uitloging, alsmede enkele gegevens betreffende de geometrie van de bergingslocatie en kenmerken van de te bergen grond:

$$Emissie_T = \frac{(massa_0 - massa_T) * maatg.concentratie * \rho_{specie} * bergingsvolume}{massa_0 * T * contactoppervlak}$$

Het beïnvloed volume wordt niet alleen door de emissie bepaald, maar ook door de geohydrologische situatie. Het beïnvloed volume is derhalve niet rechtstreeks af te leiden uit de emissie, maar wordt bepaald met verspreidingsberekeningen.

Stofkeuze

De verspreidingsberekeningen zijn uitgevoerd voor de meest kritische stof van de PAK's naftaleen, fenantreen en fluorantheen. Voor de beide andere PAK is de emissie afgeleid op basis van stofkarakteristieken. In het PvE is de keuze voor berekeningen aan PAK (en niet aan andere stoffen) nader toegelicht.

Afbraak

Organische microverontreinigingen zijn in principe aan afbraak onderhevig. De grootte van de halfwaardetijd is echter afhankelijk van de omstandigheden. Onder aerobe omstandigheden is voor fluorantheen bijvoorbeeld een halfwaardetijd van 150 dagen mogelijk, onder anaerobe omstandigheden kan deze echter ca. 43 jaar bedragen. Met de huidige kennis is de te verwachten grootte van de afbraak niet vast te stellen. Bij de berekeningen is er daarom vanuit gegaan dat er geen afbraak optreedt (worst case).

Diffusie en dispersie

De diffusiecoëfficiënt geeft de mate van verspreiding als gevolg van concentratieverschillen aan. De in MT3D ingevoerde diffusiecoëfficiënt bedraagt 0,003 m²/jaar. De dispersiecoëfficiënt geeft aan hoeveel de verontreiniging afwijkt van een stroombaan als gevolg van stromingsverschillen op microniveau (door poriën en om korrels heen). Deze is loodrecht op de stromingsrichting op 0,01 meter gesteld. Als longitudinale dispersielengte is 1 m aangehouden.

Verdelingscoëfficiënt (Koc)

De verdelingscoëfficiënt is een belangrijke factor bij verspreidingsberekeningen. Uit nieuwe inzichten zou blijken dat de verdelingscoëfficiënten beduidend hoger zijn dan tot nu toe werd aangenomen. De grootte van de verdelingscoëfficiënten is echter nog niet duidelijk. Bij sommige proeven zijn 100- tot 500-voudige waarden gevonden, bij andere werd slechts een factor 5-10 gemeten. Daarnaast zijn de waarden nog niet voor alle stoffen bepaald (o.m. naftaleen ontbreekt). De nieuwe inzichten zijn nog

kanmen (locatie - specifiek)

neu 11320

niet algemeen geaccepteerd, maar onderwerp van voortgaande studie. Verhoging van de Koc leidt tot een geringere emissie vanuit verontreinigde sedimenten.

Bij de hier uitgevoerde berekening is uitgegaan van de nu gangbare verdelingscoëfficiënten (volgens het 'landelijke MER baggerspeciebergings'), enerzijds vanwege de onzekerheid die ten aanzien van nieuwe waarden bestaat, anderzijds teneinde de vergelijking met andere studies mogelijk te maken.

Daarnaast wordt bij de gevoeligheidsanalyses de invloed van de Koc op de verspreiding vastgesteld.

3.3 Effecten op de oppervlaktewaterkwaliteit

Voor het bepalen van de effecten op de oppervlaktewaterkwaliteit zijn met name de vulfase en de nazorgfase van belang. Er is van uitgegaan dat in de aanlegfase (ontgraving) er geen effecten optreden die van invloed zijn op de oppervlaktewaterkwaliteit.

vulfase

Tijdens het storten van de weerdgrond zal een deel hiervan in suspensie gaan. Het percentage is afhankelijk van de stortmethode en karakteristieken van het te bergen materiaal. Het deel dat in suspensie is gegaan, bezinkt vrijwel volledig binnen een half uur na storten (afhankelijk van de korrelgrootte). Gezien de geringe stroming in de depots kan worden gesteld dat het gesuspendeerde materiaal binnen het depot blijft. Wel zal een deel van de verontreiniging die aan het gesuspendeerde materiaal geadsorbeerd is, in oplossing gaan in het oppervlaktewater (desorptie). Aangenomen is dat hierbij het bodem-water-evenwicht volledig bereikt wordt, en dat alle opgeloste verontreiniging de Maas bereiken (worst case).

nazorgfase

In de daarop volgende fase zijn er twee routes waardoor verontreinigingen de Maas kunnen bereiken.

Uittreden van poriewater

De eerste route is het uittreden van verontreinigingen poriewater als gevolg van de consolidatie (het zetten) van het geborgen materiaal. Dit poriewater komt in eerste instantie in het oppervlaktewater boven de depots. Door uitwisseling van water vanuit de hoogwatergeulen met de Maas komt een deel van deze vracht in de Maas. In de Trajectnota/MER Zandmaas/Maasroute zijn de processen voor deze uitwisseling in beeld gebracht. De belangrijkste factor voor de uitwisseling bleken dynamische peilfluctuaties nam de Maas te zijn. Voor depots met een inhoud van ongeveer 3 mln. m³ is een uitwisseling van ca. 2 m³/s berekend. Depots met een inhoud van ca. 1,5 mln. m³ hebben een uitwisseling met de Maas van ongeveer 1 m³/s. De kwaliteit in het oppervlaktewater boven de bergingslocaties is bepaald door middel van water- en stofbalansen. Hierbij is tevens de bijdrage aan de Maas aangegeven.

De berekeningen zijn uitgevoerd voor een situatie zonder **afdeklaag** aan de bovenzijde van de berging, die na afloop van het vullen wordt aangebracht. Hiermee is een worst-case berekening uitgevoerd, daar, bij toepassing van een deklaag (met daarin organisch stof), de opgeloste verontreinigingen worden geadsorbeerd in de afdeklaag, en de emissie naar het oppervlaktewater zal reduceren, en daarmee de beïnvloeding van de oppervlaktewaterkwaliteit geringer zal zijn. *n. kull*

Verspreiding via grondwater naar het oppervlaktewater

Daarnaast kunnen verontreinigingen via het grondwater de Maas bereiken. De grootte van deze emissie is bepaald met de stoftransport-berekeningen.

3.4 Overzicht van de berekeningen

In tabel 3.1 is een overzicht gegeven van de varianten die zijn doorgerekend voor wat betreft hun emissie en verspreiding naar het grondwater en naar het oppervlaktewater. De gevoeligheidsanalyse is alleen uitgevoerd voor de emissie en verspreiding naar het grondwater. Voor de overige varianten is tevens het beïnvloed volume na 10.000 jaar bepaald.

Tabel 3.1. Modelvarianten verspreiding en emissie

	Kleischerm Lomm	Hoogwatergeul Ooijen	Hoogwatergeul Well-Aijen	Asseltse Plassen Zuid
variant 0			X	
variant 1	X	X	X	X
variant 2			X	X
gevoeligheidsanalyses				
gescheiden berging	X	X	X	X
achtergrond-verontreiniging			X	
f_{oc} (omgeving)			X	
K_{oc} (specie)			X	
verontreinigde waterbodem				X

De volgorde van de bergingslocaties wijkt in deze rapportage iets af van de andere deelrapporten. Aangezien voor de locatie Well-Aijen de meeste gevoeligheidsanalyses zijn uitgewerkt, is deze locatie als eerste behandeld.

4. Geologische en geohydrologische situatie Maasdal

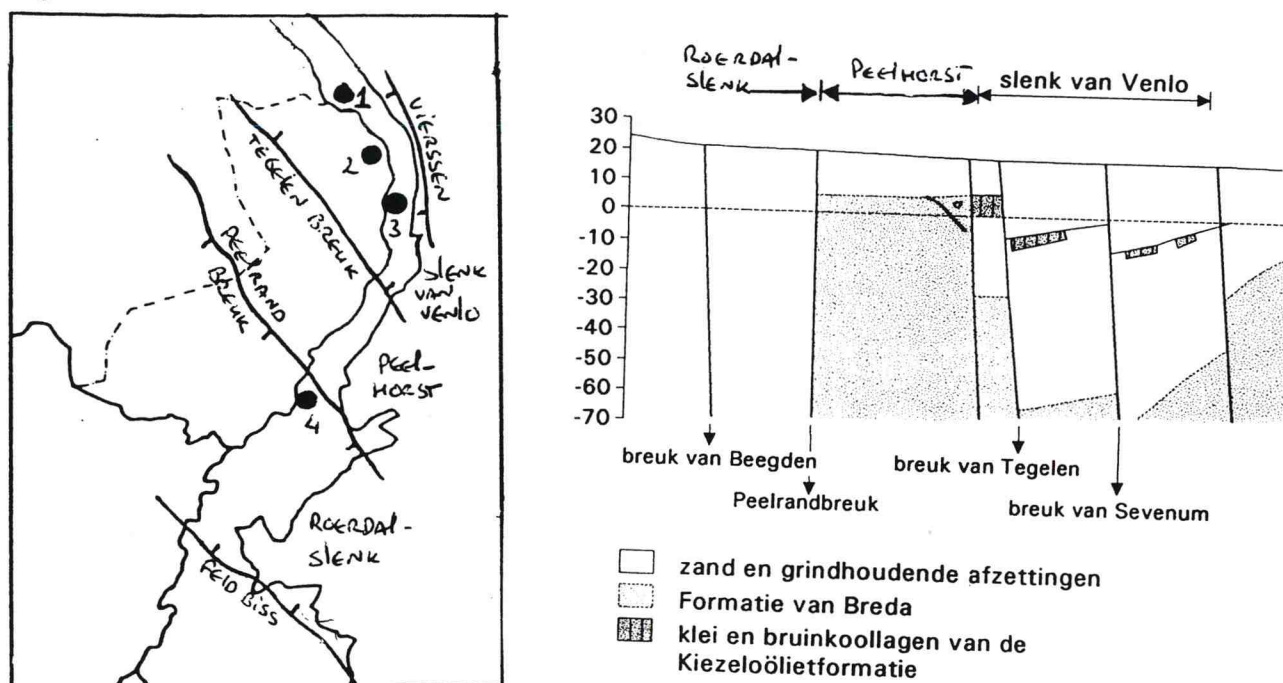
De bergingslocaties zijn allen gelegen in het Maasdal (Zandmaas). Daar de geologische en de geohydrologische situatie in de ondergrond van belang in verband met de effecten, is hieronder ingegaan op de geologie en geohydrologie in Noord- en Midden-Limburg.

4.1 Geologie

De regio Noord- en Midden-Limburg kan ten gevolge van een NNW-ZZO verlopend breukenstelsel van noord naar zuid worden onderverdeeld in drie tektonische eenheden ofwel schollen: de noordelijke, tektonisch laaggelegen Venlo Slenk, de middelste, tektonisch hooggelegen Peelhorst, en de zuidelijke, tektonisch laaggelegen Roerdalslenk. De locaties Well-Aijen, Ooijen en Lomm liggen in de Venlo Slenk. De Venlo Slenk wordt begrensd door de Viersen Breuk in het noordoosten en de Tegelen Breuk in het zuidwesten. De Peelhorst wordt begrensd door de Tegelen Breuk in het noordoosten en de Peelrandbreuk in het zuidwesten. De bergingslocatie Asseltse Plassen Zuid ligt ten zuiden van de Peelrandbreuk in het gebied van de Roerdalslenk.

In figuur 4.1 zijn het breukenstelsel en de ligging van de bergingslocaties globaal aangegeven, alsmede een doorsnede van het gebied.

Figuur 4.1. Tektonische eenheden en ligging bergingslocaties



Bergingslocaties: 1. Well-Aijen 2. Ooijen 3. Lomm 4. Asseltse Plassen Zuid

4.2 Geohydrologische schematisatie

De locaties Well-Aijen, Ooijen en Lomm liggen in de Venlo Slenk (zie figuur 4.1). De geohydrologische situatie in de Venlo Slenk is in drie hoofdtypen onder te verdelen, afhankelijk van de precieze locatie. In het noorden van de Venlo Slenk, bij Well-Aijen bevindt zich onder de deklaag een dik watervoerend pakket dat bestaat uit zandige afzettingen. Meer naar het zuiden, bij Ooijen en bij Lomm, wordt dit watervoerende pakket onderbroken door een scheidende laag: de Venlo klei. Zuidoostelijk in de Venlo

Slenk (ten oosten van de bergingslocatie Lomm) is tussen het eerste en tweede watervoerende pakket een extra watervoerende en scheidende laag aanwezig, het Tegelen Grind en de Tegelen Klei.

De opbouw van de ondergrond bij Well-Aijen, Ooijen en Lomm is weergegeven in tabel 4.1. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen de directe omgeving Lomm (zonder Formatie van Tegelen) en de situatie ten oosten van Lomm, waar de Formatie van Tegelen wel in de ondergrond aanwezig is.

Tabel 4.1. Opbouw van de ondergrond in de Venlo Slenk

	Noordelijke deel - omgeving Well-Aijen	Zuidelijke deel - omgeving Ooijen en Lomm	Zuid-oostelijke deel - oostelijk van Lomm
Deklaag	Nuenen Groep	Nuenen Groep	Nuenen Groep
1 ^e watervoerende pakket	Formaties van Kreftenheije en Veghel	Formaties van Kreftenheije en Veghel	Formaties van Kreftenheije en Veghel
Scheidende laag			Tegelen Klei
Watervoerend pakket 1A			Tegelen Grind
Scheidende laag			Venlo Klei (Kiezelooliet)
2 ^e watervoerende pakket	Venlo Zand (Kiezelooliet)	Venlo Zand (Kiezelooliet)	Venlo Zand (Kiezelooliet)
Geohydrologische basis	Formatie van Breda	Formatie van Breda	Formatie van Breda

De locatie Asseltse Plassen Zuid ligt in de Roerdalslenk. De opbouw in de Roerdalslenk is opgenomen in tabel 4.2.

Tabel 4.2. Opbouw van de ondergrond in de Roerdalslenk

	omgeving Asseltse Plassen Zuid
Deklaag	Nuenen Groep
1 ^e watervoerende pakket	Formatie van Veghel
	Formatie van Sterksel
	Formatie van Kedichem
Scheidende laag	Bovenste Brunssum Klei
2 ^e watervoerende pakket	Zanden van Peij
Scheidende laag	Onderste Brunssum Klei
3 ^e watervoerende pakket	Zanden van Waubach
Geohydrologische basis	Formatie van Breda

5. Hoogwatergeul Well-Aijen

De locatie Well-Aijen betreft een hoogwatergeul en weerdverlaging op de rechter Maasoever, tussen Maaskilometer 132,8 en 138,5. De hoogwatergeul bestaat uit twee delen. Het zuidelijke deel ligt aan de kant van Well, heeft een lengte van 1200 m en een breedte op de waterlijn van ongeveer 75 m. Het noordelijk deel ligt aan de kant van Aijen, loopt vanaf de haven Leukermeer naar het noorden en sluit aan bij de Maas bij kilometer 138,5. De totale lengte van de noordelijke geul is ongeveer 1800 m en de breedte op de waterlijn varieert van 75 m tot 100 m. Bij een afvoer van 250 m³/s is het waterpeil in de geul 11,69 m +NAP.

Na uitvoering van de werkzaamheden zal het maaiveld bij de hoogwatergeul op ca. 11,85 m +NAP liggen. Bij variant 0 ligt de onderkant van de geul op 4,5 m +NAP, bij variant 1 ligt de onderkant op 2 m +NAP en bij variant 2 is het bodemniveau 3 m -NAP. De gestorte grond wordt afgedekt met een afdeklaag van klasse 0/1/2 weerdgrond met een dikte van 1,5 m, de bovenkant van deze afdeklaag komt bij alle varianten op 9,35 m +NAP te liggen. Principeschetsen van deze bergingslocatie zijn opgenomen in bijlage 1. Voor een nadere beschrijving van de hoogwatergeul wordt verwezen naar het PvE.

5.1 Modellerings

5.1.1 Beschrijving model

Het model is opgesteld voor de berekeningen in het kader van de Trajectnota/Mer Zandmaas/Maasroute. Het modelgebied is dusdanig gekozen dat de verwachten effecten van de ingreep zich binnen het modelgebied afspelen. Het gekozen modelgebied verloopt van x-coördinaat 197.000 tot 209.000 en een y-coördinaat 391.000 tot 404.000. In het midden hebben de cellen afmetingen van 50x50 m, aan de randen lopen de afmetingen via 100x100 m op tot 200x200 m. Aan alle zijden van het modelgebied zijn vaste stijghoogten als randvoorwaarden ingevoerd.

De geohydrologische situatie en de schematisatie in het model zijn weergegeven in tabel 5.1. De schematisatie van de ondergrond bij Well-Aijen is betrekkelijk eenvoudig. Onder de deklaag is sprake van een dik watervoerend pakket dat niet of nauwelijks wordt onderbroken door waterscheidende lagen. Alle lagen vanaf de deklaag worden tot het eerste watervoerende pakket gerekend.

Tabel 5.1. Schematisatie van de ondergrond bij Well-Aijen

Formatie	diepte (m +NAP)	lithografie	doorlatendheid (m/d)	schematisatie	modellaag
Nuenen	+12 tot +10	fijn zand, leem en klei	5	deklaag	1-2
Formatie van Veghel	+10 tot -2	grof zand	20 – 100	WVP 1	3-7
Kiezelooliet Formatie (Venlo Zand)	- 2 tot - 15	fijn zand met kleilaagjes	10	WVP 1	8-9
Formatie van Breda	vanaf - 15	fijn zand en klei	2	WVP 1	10-13

De toekomstige hoogwatergeul wordt in de modellagen 1 t/m 5 aangebracht bij variant 0, in 1 t/m 6 bij variant 1 en in de lagen 1 t/m 7 bij variant 2.

Deklaag

Vanaf het maaiveld tot een diepte van 2 tot 5 m komen fijne leemhoudende zanden en kleilaagjes van de Formaties van Twente en Eindhoven voor. Deze afzettingen worden aangeduid als de Nuenen groep. De horizontale doorlatendheid (k-waarde) van de deklaag bedraagt 5 m/d. De verticale doorlatendheid van de deklaag is 1 m/d.

1^e watervoerende pakket

Onder de Nuenen groep ligt een pakket rivierzand van de Formatie van Veghel en de Formatie van Kreftenheye. Deze rivierzanden bestaan uit grove zanden met grind en hebben een dikte van 10 tot

15 m. Onder deze rivierzanden bevindt zich de Kiezeloet Formatie. Deze formatie bestaat hoofdzakelijk uit fijne zanden (Venlo zanden) met ingeschakelde klei- en leemlaagjes. In het gebied rond Well is geen aaneengesloten kleilaag (Venlo Klei) binnen de afzettingen van de Kiezeloet Formatie aangetoond. De dikte van de Kiezeloet Formatie varieert tussen 10 en 20 m. Vanaf ongeveer NAP -15 m liggen de fijne zanden en kleien van de Formatie van Breda. De dikte van deze Formatie is niet precies bekend, maar vermoedelijk is deze enkele honderden meters dik. De doorlatendheid van de bovenste lagen van het 1^e watervoerende pakket (laag 3 t/m 7) ligt tussen 40 en 80 m/d. Bij een dikte van de lagen van 10-15 m levert dit een doorlaatvermogen van 400-600 m²/dag. De dieper gelegen lagen hebben een veel kleinere bijdrage aan het doorlaatvermogen (Venlo Zand: 130 m²/d, Breda: verwaarloosbaar).

grondwaterstroming

De grondwaterstroming in het eerste watervoerende pakket is naar de Maas en naar de haven Leukermeer gericht.

Neerslag

Het neerslagoverschot bedraagt 0,6 mm/dag (220 mm/jaar). Bij de berekeningen waarin de hoogwatergeul is ingevoerd, wordt ter plaatse van de geul geen neerslagoverschot ingevoerd. Boven de bergingslocatie staat immers altijd oppervlaktewater, waardoor neerslag hier niet aan het grondwater wordt toegevoegd, maar direct wordt afgevoerd naar de Maas.

5.1.2 Calibratie

Het beschikbare model was reeds gecalibreerd (Trajectnota/Mer Zandmaas/Maasroute).

5.1.3 Referentiesituatie

De referentiesituatie komt overeen met de huidige situatie, aangevuld met het opzetten van het peil in de Maas. Ten aanzien van het Maaspeil wordt namelijk verondersteld dat het combinatie-alternatief is uitgevoerd, hetgeen in het geval van Well-Aijen resulteert in een peil van ca 11,70 m NAP bij een afvoer van 250 m³/s. Dit Maaspeil (11,70 m NAP) is dus gebruikt voor de referentiesituatie. Het huidige peil van de Maas bedraagt ter hoogte van de hoogwatergeul ongeveer 11 m NAP bij een afvoer van 250 m³/s. Gezien de relatief korte afstand tot de stuw is de stijging van het Maaspeil hier nog vrijwel gelijk aan de verhoging van het stuwpeil. De stijghoogte in het 1^e watervoerende pakket wordt in de directe omgeving van de Maas dus met ca. 0,7 m verhoogd. Op een afstand van ongeveer 1,5 km is de verhoging van de stijghoogte als gevolg van de peilopzet afgenomen tot ca. 0,1 m.

De hydrologische effecten van de ingreep zijn dus bepaald ten opzichte van de referentiesituatie, zoals deze hierboven is gedefinieerd. Ook voor de berekeningen aan emissie en verspreiding is de referentiesituatie als uitgangspunt gebruikt.

5.2 Hydrologische effecten ingreep

5.2.1 Hydrologische effecten aanleg hoogwatergeul en bergingslocatie

Bij het berekenen van de hydrologische effecten van de aanleg (ontgraving) van de hoogwatergeul Well-Aijen met behulp van MODFLOW is uitgegaan van variant 1. Voor de bepaling van de effecten van de aanleg is er daarnaast van uitgegaan dat de hoogwatergeul en de bergingslocatie eerst geheel worden ontgraven, en aansluitend wordt de bergingslocatie gevuld met weerdgrond. Omdat de geul in verbinding zal staan met de Maas, zal het waterpeil in de geul lager liggen dan de grondwaterstand ter plaatse van de geul bij de referentiesituatie.

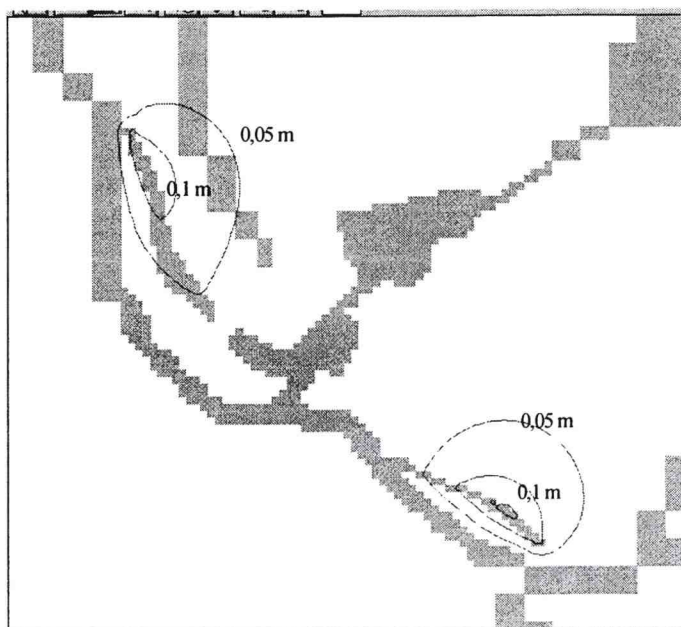
Bij het noordelijk deel van de hoogwatergeul bij Well-Aijen wordt een maximale verlaging van de grondwaterstand verwacht van 0,12 m ten opzichte van de referentie-situatie. Bij het zuidelijk deel is deze verlaging iets groter: 0,15 m. Het invloedsgebied is het grootst aan de noordoostelijke zijde van de hoogwatergeul. De 5 cm-verlagingslijn ligt in noordoostelijke richting op ca. 750 m afstand van de hoogwatergeulen voor zowel het noordelijke als het zuidelijke deel (zie figuur 5.1).

De berekende verlaging betreft de maximale verlaging. In de praktijk zal de geul gedeeltelijk weer gevuld zijn voordat het volgende deel ontgraven wordt, zodat bij het weer gevulde deel van de hoogwatergeul opstuwing optreedt als gevolg van de slecht doorlatende weerdgrond.

Gebruiksfunctie

Het gebied waar grondwaterstandverlaging optreedt is voornamelijk landbouwgebied.

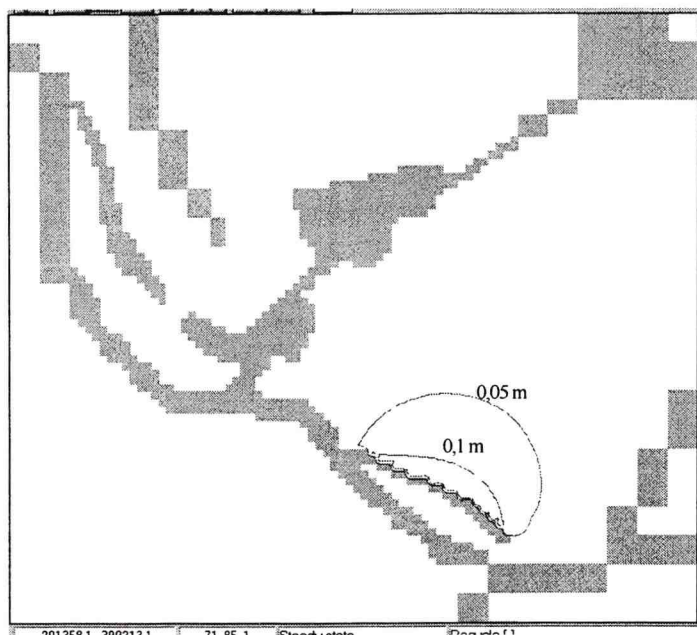
Figuur 5.1. Verlaging grondwaterstand in de aanlegfase bij hoogwatergeul Well-Aijen (interval 0,05 m, weergegeven gebied 4,75 km bij 4,4 km)



5.2.2 Hydrologische effecten gevulde bergingslocatie

Net als bij de bepaling van de effecten van aanleg is ook bij de bepaling van de effecten van de gevulde bergingslocatie uitgegaan van de variant 1. Uit de consolidatieberekeningen blijkt dat bij variant 1 na consolidatie sprake is van een hydraulische weerstand van 130.000 dagen over de gehele diepte van de bergingslocatie. Deze weerstand is ingevoerd door middel van de verticale doorlatendheid. De horizontale doorlatendheid is gelijk gesteld aan de verticale doorlatendheid.

Figuur 5.2. Verhoging van de grondwaterstand bij gevulde berging, Well-Aijen (interval 0,05 m, weergegeven gebied 4,6 km bij 4,2 km)



De effecten op de grondwaterstanden en -stroming worden vooral bepaald door de slechte doorlatendheid van de gestorte grond en de afwerking van de locatie. Zo wordt er klei aangebracht aan beide zijden van de berging tussen de bovenzijde van de berging en het maaiveld. Hierdoor treedt er geen grondwaterstroming op naar het oppervlaktewater boven de berging.

Ten opzichte van de referentiesituatie is er direct ten noordoosten van de noordelijke hoogwatergeul een verhoging van de grondwaterstand van bijna 5 cm bij variant 1. Bij het zuidelijke gedeelte van de hoogwatergeul bedraagt de verhoging van de grondwaterstand ongeveer 0,15 m.

Het eerste watervoerende pakket is ter plekke van Well-Aijen erg dik zodat de afsnoering van het pakket door de hoogwatergeul klein is. Hierdoor kan het grondwater onder de hoogwatergeul doorstromen en zijn de effecten betrekkelijk gering. Bij het zuidelijke deel van de hoogwatergeul is de opstuwung op ongeveer 750 m in noordoostelijke richting gereduceerd tot minder dan 5 cm (zie figuur 5.2).

Gebruiksfunctie

Het gebied waar grondwaterstandverhoging optreedt is voornamelijk landbouwgebied.

5.3 Emissie en verspreiding naar grondwater

5.3.1 Kwaliteit van de te storten grond

De kwaliteit van het poriewater is bepaald aan de hand van de maatgevende concentratie van de te storten grond, alsmede stofkenmerken (K_{oc}) en het organisch koolstofgehalte (f_{oc}). In tabel 5.2 zijn de resultaten weergegeven. Hierbij is tevens de toets op de overschrijding van de streefwaarde opgenomen volgens stap 1 van het BvB.

Tabel 5.2. Kwaliteit grond en toetsing concentratie poriewater bij Well-Aijen

	Maatg. conc. (mg/kg)	$\log K_{oc}$	f_{oc} specie (-)	totaal opgelost (mg/m ³)	streefwaarde (mg/m ³)	overschrijding	factor
naftaleen	0,15	3,18	0,0255	3,89	0,1	ja	39
fenantreen	0,19	4,56	0,0255	0,21	0,02	ja	10
fluorantheen	0,29	4,98	0,0255	0,12	0,005	ja	24

Zoals uit deze tabel blijkt, is de concentratie van verontreinigingen in het poriewater hoger dan de streefwaarde. Hiermee wordt niet voldaan aan stap 1 uit het BvB.

De verspreidingsberekeningen zijn uitgevoerd voor de meest kritische stof. Deze meest kritische stof is die stof waarvoor het quotiënt van de overschrijding van de streefwaarde en de retardatie (R) van het watervoerende pakket waarin het depot ligt, het hoogst is. De retardatie is de vertragsingsfactor voor verspreiding van verontreiniging ten opzichte van de stroomsnelheid van water. In tabel 5.3 zijn deze quotiënten opgenomen. Uitgegaan is van een organisch stofgehalte van het eerste watervoerende pakket van 1% (organisch koolstofgehalte (0,5 %)).

Tabel 5.3. Bepaling van de kritische verontreiniging

	totaal opgelost (mg/m ³)	streefwaarde (mg/m ³)	overschrij- ding	f _{oc} wvp (-)	Retardatie	overschrijding / R
naftaleen	3,89	0,1	39	0,005	52	0,75
fenantreen	0,21	0,02	10	0,005	1235	0,008
fluorantheen	0,12	0,005	24	0,005	3248	0,007

Uit deze tabel volgt dat naftaleen de meest kritische stof is.

Voor alle varianten is een consolidatieflux berekend. Deze consolidatieflux is de hoeveelheid water die als gevolg van het consolideren (zetten) uit de baggerspecie wordt geperst. De consolidatieflux is het hoogst direct na het storten en neemt af tot uiteindelijk 0. Berekening van de consolidatiefluxen zijn opgenomen in deelrapport Consolidatie. De consolidatieflux is als input bij de verspreidingsberekeningen gebruikt.

5.3.2 Variant 0

Variant 0 heeft een bergingsvolume van 1.660.000 m³. De resultaten van de emissieberekeningen zijn vermeld in tabel 5.4. Uit de tabel volgt dat niet wordt voldaan aan stap 2 uit het BvB.

Tabel 5.4. Emissie van verontreinigingen bij variant 0, Well-Aijen

	100 jaar (mg/ha/jaar)	250 jaar (mg/ha/jaar)	1.000 jaar (mg/ha/jaar)	toelaatbare flux (mg/ha/jaar)
naftaleen	2.553	2.253	1.585	200
fenantreen	135	119	84	40
fluorantheen	79	69	49	10

Vervolgens is het beïnvloed volume na 10.000 jaar berekend voor naftaleen. In tabel 5.5 is te zien dat het beïnvloed volume na 10.000 jaar groter is dan het depotvolume.

Tabel 5.5. Beïnvloed volume na 10.000 jaar bij variant 0, Well-Aijen

	volume bergingslocatie (m ³)	beïnvloed volume na 10.000 jaar (m ³)	verhouding (%)
naftaleen	1.660.000	2.000.000	120%

5.3.3 Variant 1

Bij variant 1 wordt een volume van 2.670.000 m³ geborgen onder de hoogwatergeul. De resultaten van de emissieberekeningen zijn vermeld in tabel 5.6. Alhoewel niet wordt voldaan aan stap 2 uit het BvB is de emissie kleiner dan bij de variant 0.

Tabel 5.6. Emissie van verontreinigingen bij variant 1, Well-Aijen

	100 jaar (mg/ha/jaar)	250 jaar (mg/ha/jaar)	1.000 jaar (mg/ha/jaar)	toelaatbare flux (mg/ha/jaar)
naftaleen	1.089	1.008	779	200
fenantreen	58	53	41	40
fluorantheen	33	31	24	10

De lagere emissie van variant 1 in vergelijking met variant 0 wordt door twee belangrijke factoren bepaald:

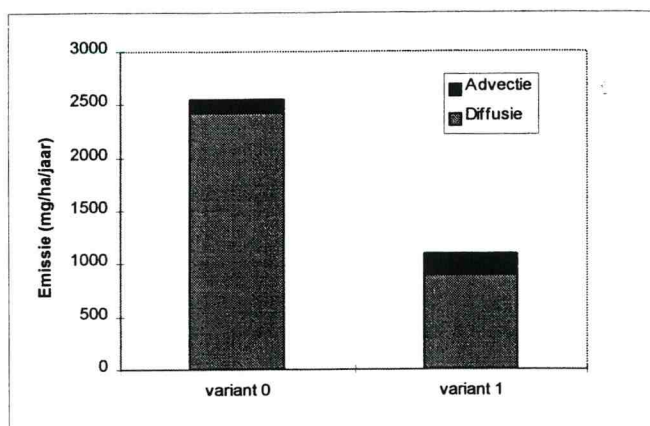
- **Bodemopbouw**
Het bodemniveau van variant 1 ligt op grotere diepte dan variant 0. Het eerste watervoerende pakket ter plaatse van Well-Aijen is bovenin grof (k-waarde 80 m/d), en wordt fijnzandiger met de diepte. De onderkant van de bergingslocatie van variant 1 ligt in het minder grove deel van het watervoerende pakket, terwijl de bodem van de minder diepe variant 0 zich nog in het grofzandige deel bevindt. De stroomsnelheid van het grondwater midden onder de bergingslocaties is ca. 2,8 m/d bij variant 1, terwijl bij variant 0 de stroomsnelheid 4,4 m/d is. Hierdoor wordt bij variant 0 in sterkere mate de verontreiniging buiten de bergingslocatie weggevoerd met het grondwater. Het grondwater buiten de bergingslocatie bevat bij variant 0 dus lagere gehalten dan bij variant 1. Als gevolg hiervan is het diffusief transport van verontreiniging bij variant 0 groter dan bij variant 1.
- **Geometrie van de bergingslocaties**
Grondwater in bergingslocatie zal vrijwel uitsluitend in verticale richting stromen, aangezien de afstand naar het watervoerende pakket verticaal veel kleiner is dan horizontaal. Een deeltje dat zich in het midden van het depot bevindt, moet horizontaal immers tientallen meters afleggen (de breedte van de bergingslocaties varieert tussen ca. 75 en 150 m), terwijl de verticale afstand slechts enkele meters is. Bij variant 0 is de totale dikte van de gestorte grond 4,85 m, bij variant 1 is de dikte 7,35 m. De afstand die in variant 1 door het verontreinigde poriewater moet worden afgelegd voordat het uit de bergingslocatie treedt, is dus beduidend groter dan bij variant 0. Hierdoor is de uitloging bij variant 1 kleiner dan bij variant 0.

Het verschil in de grootte van de consolidatieflux bij variant 0 en 1 heeft alleen in de eerste 100 jaar van de nazorgfase een effect. Daarna is de consolidatieflux bij beide varianten 0.

Uit een aanvullende berekeningen waarbij de consolidatieflux niet is meegenomen, blijkt ook dat deze een beperkte invloed heeft op de emissie. De emissie in de berekening zonder consolidatieflux wordt geheel door diffusie veroorzaakt, het verschil is de verspreiding door advectie. In tabel 5.7 zijn de resultaten opgenomen voor variant 0 en 1 met en zonder consolidatieflux. In de bijgevoegde grafiek zijn de emissie door advectief en diffusief transport na 100 jaar weergegeven.

Tabel 5.7. Emissie van verontreinigingen na 100 jaar zonder consolidatieflux

100 jaar (mg/ha/jaar)	variant 0	variant 1
met consolidatie	2.553	1.089
zonder consolidatie (diffusief transport)	2.419	884
verschil (advectief transport)	134	205



De grote bijdrage van de diffusie aan de totale emissie wordt veroorzaakt door de hoge grondwaterstromingssnelheid. Doorgaans heeft de stromingssnelheid in de ondergrond een orde-grootte van meters per jaar, en niet (zoals hier) meters per dag.

Vervolgens is het beïnvloed volume na 10.000 jaar berekend (stap 3 BvB). Het beïnvloed volume na 10.000 jaar bedraagt 138 %, zodat niet wordt voldaan aan de richtlijn van het BvB (zie tabel 5.8).

Tabel 5.8. Beïnvloed volume na 10.000 jaar bij variant 1, Well-Aijen

	volume bergingslocatie (m ³)	beïnvloed volume na 10.000 jaar (m ³)	verhouding (%)
naftaleen	2.670.000	3.685.000	138%

5.3.4 Variant 2

Bij variant 2 wordt de noordelijke tak van de hoogwatergeul lokaal extra uitgediept en verbreed. Hierdoor kan een volume van 3.570.000 m³ worden geborgen onder de hoogwatergeul. De resultaten van de emissieberekeningen zijn vermeld in tabel 5.9.

Tabel 5.9. Emissie van verontreinigingen bij variant 2, Well-Aijen

	100 jaar (mg/ha/jaar)	250 jaar (mg/ha/jaar)	1.000 jaar (mg/ha/jaar)	toelaatbare flux (mg/ha/jaar)
naftaleen	1.017	968	732	200
fenantreen	54	51	39	40
fluorantheen	31	30	22	10

De emissie valt iets lager uit dan bij variant 1, omdat de verhouding inhoud-oppervlak bij variant 2 nog iets gunstiger is dan bij variant 1. Zo heeft de berging volgens variant 2 een oppervlak van ruim 41 ha (36 ha bij variant 1), terwijl het volume van het depot toeneemt van 2,67 miljoen m³ bij variant 1 tot 3,57 miljoen m³ bij variant 2. Hierdoor neemt ook de verhouding tussen het depotvolume en het beïnvloed volume na 10.000 jaar af. In tabel 5.10 is af te lezen dat het beïnvloed volume na 10.000 jaar is gedaald tot beneden het volume van het depotvolume (81%).

Tabel 5.10. Beïnvloed volume na 10.000 jaar bij variant 2, Well-Aijen

	volume bergingslocatie (m ³)	beïnvloed volume na 10.000 jaar (m ³)	verhouding (%)
naftaleen	3.570.000	2.890.000	81%

5.3.5 Variant 1 met gescheiden berging

Op basis van variant 1 zijn tevens emissieberekeningen uitgevoerd voor de situatie dat het niet-vermarktbaar materiaal gescheiden wordt geborgen. Hierbij is uitgegaan van een onderscheid in klasse 0/1/2 materiaal en klasse 3/4 materiaal. In tabel 5.11 wordt de kwaliteit van de verschillende partijen gegeven. Uitgegaan is van een situatie waarbij 14% van de aangeboden niet-vermarktbaar grond klasse 3/4 specie is (374.000 m³), terwijl de overige 86% tot klasse 0/1/2 wordt gerekend (2.296.000 m³). De niet-vermarktbaar grond wordt in lagen aangebracht waarbij van beneden naar boven eerst een laag klasse 0/1/2 grond wordt aangebracht, met daarboven een dunne laag klasse 3/4 grond (dikte laag 0,84 m). Deze laag wordt dan opnieuw afgedekt met een laag klasse 0/1/2 grond.

Tabel 5.11. Kwaliteit grond en toetsing poriewater concentratie bij gescheiden berging Well-Aijen

	Maatg. conc. (mg/kg)	log K _{oc}	f _{oc} (-)	totaal opgelost (mg/m ³)	streef-waarde (mg/m ³)	overschrijding	factor
klasse 0 / 1 / 2							
naftaleen	0,05	3,18	0,023	1,44	0,1	ja	14
fenantreen	0,06	4,56	0,023	0,07	0,02	ja	4
fluorantheen	0,09	4,98	0,023	0,04	0,005	ja	8
klasse 3 / 4							
naftaleen	0,75	3,18	0,042	21,5	0,1	ja	215
fenantreen	1,01	4,56	0,042	0,66	0,02	ja	33
fluorantheen	1,53	4,98	0,042	0,38	0,005	ja	76

De resultaten van de emissieberekeningen zijn vermeld in tabel 5.12.

Tabel 5.12. Emissie van verontreinigingen bij gescheiden berging, Well-Aijen

	100 jaar (mg/ha/jaar)	250 jaar (mg/ha/jaar)	1.000 jaar (mg/ha/jaar)	toelaatbare flux (mg/ha/jaar)
naftaleen	527	630	381	200
fenantreen	28	33	20	40
fluorantheen	16	19	12	10

Te zien is dat gescheiden berging leidt tot een behoorlijke reductie (in de eerste 1000 jaar) van de emissie in vergelijking met variant 1 met niet-gescheiden berging. Door de isolerende werking van het materiaal van klasse 0/1/2 vindt de emissie van verontreinigingen in een lager tempo plaats.

Vervolgens is het beïnvloed volume na 10.000 jaar berekend. De resultaten staan in tabel 5.13.

Tabel 5.13. Beïnvloed volume na 10.000 jaar bij gescheiden berging, Well-Aijen

	volume bergingslocatie (m ³)	beïnvloed volume na 10.000 jaar (m ³)	verhouding (%)
naftaleen	2.670.000	2.700.000	101%

Uit tabel 5.13 is af te lezen dat de norm uit stap 3 van het BvB net wordt overschreden.

Uitloging verontreiniging vanuit bergingslocatie

Uit de berekening van de emissie en van het verontreinigde volume kan de indruk ontstaan dat een belangrijk deel van de vracht uit de bergingslocaties is uitgeloopt. Om deze getallen in het juiste perspectief te plaatsen, is in tabel 5.14 de uitloging van naftaleen na 100, 250 en 1.000 jaar

opgenomen. Zichtbaar is dat bij variant 0 na 1.000 jaar nog ca. 85% van de oorspronkelijke vracht in de bergingslocatie aanwezig is, bij de varianten 1 en 2 is dit zelfs ca. 95%.

Tabel 5.14. Uitgeloopte vracht naftaleen vanuit bergingslocatie Well-Aijen

	variant 0	variant 1	variant 2	variant 1 met gescheiden berging
100 jaar	2,5%	0,7%	0,6%	0,3%
250 jaar	5,5%	1,6%	1,1%	1,0%
1.000 jaar	15,5%	5,1%	3,6%	2,5%

5.3.6 Beïnvloeding grondwaterwinningen

In de directe omgeving van de bergingslocatie Well-Aijen zijn geen waterwinningen ten behoeve van drinkwater aanwezig. De dichtstbij gelegen waterwinning is pompstation Bergen. Dit pompstation ligt ca. 3 km in NNO-richting vanaf de bergingslocatie.

Door PS Bergen wordt grondwater vanuit noordoostelijke richting onttrokken en uit de plas bij Bergerheide. Een verspreiding van verontreinigingen vanuit de bergingslocatie Well-Aijen zal derhalve PS Bergen niet bereiken.

5.3.7 Gevoeligheidsanalyse

Het doel van de gevoeligheidsanalyse is vast te stellen hoe groot de invloed van verschillende parameters en processen op de verspreiding is. Met name ten aanzien van het organisch stofgehalte in het watervoerende pakket en de verdelingscoëfficiënten is bekend dat deze een invloed hebben op de verspreiding, terwijl deze niet in detail bekend zijn. Uit nieuwe inzichten zou blijken dat de verdelingscoëfficiënten beduidend hoger zijn dan tot nu toe werd aangenomen. Nieuwe waarden zijn echter nog niet voor alle stoffen bepaald (o.m. naftaleen ontbreekt). Daarnaast zijn deze nieuwe inzichten nog niet algemeen geaccepteerd, maar onderwerp van voortgaande studie.

Door deze factoren in een gevoeligheidsberekening mee te nemen, kan de invloed van deze factoren op de emissie worden vastgesteld.

Bij de gevoeligheidsanalyse is de invloed van de volgende factoren op de emissie berekend:

- de aanwezigheid van reeds verontreinigd grondwater rondom de hoogwatergeul ('achtergrond verontreiniging')
- een laag organisch stof gehalte (en dus een lage foc) van het eerste watervoerende pakket
- hoge verdelingscoëfficiënten (Koc) van verontreinigingen

Bij de gevoeligheidsanalyse is steeds uitgegaan van de variant 1. De resultaten worden in het volgende besproken.

Aanwezigheid van verontreinigd grondwater

In tabel 5.15 staan de resultaten van de emissieberekeningen in het geval dat het grondwater reeds is verontreinigd tot streefwaarde (0,1 mg naftaleen per m³). De verschillen met tabel 4.7 zijn betrekkelijk gering. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de diffusie bij een iets hoger gehalte van het omringende grondwater slechts beperkt afneemt. De afname van het concentratieverschil tussen het poriewater en het omringende grondwater is eveneens beperkt, van 3,89 mg/m³ naar 3,79 mg/m³ (afname 3%).

Tabel 5.15. Emissie van variant 1 waarbij het grondwater rondom de geul reeds is vervuild tot aan de streefwaarde, Well-Aijen

	100 jaar (mg/ha/jaar)	250 jaar (mg/ha/jaar)	1.000 jaar (mg/ha/jaar)	toelaatbare flux (mg/ha/jaar)
naftaleen	1.017	968	732	200
fenantreen	54	51	39	40
fluorantheen	31	30	23	10

Laag organisch stofgehalte

In de modelberekeningen is uitgegaan van een organisch koolstofgehalte (foc) van het eerste watervoerende pakket van 0,5%. Het werkelijke gehalte aan organisch koolstof in de bodem is echter

*Probleem
specifiek*

niet bekend. Om de invloed van het gehalte organisch koolstof vast te stellen, is tevens een berekening gedaan met een foc die een factor tien lager ligt (0,05%). De emissie van verontreinigingen uit het depot blijkt sterk toe te nemen ten opzichte van de emissie bij een foc van 0,5% (zie tabel 5.16). Een lagere foc leidt dus tot een hogere emissie van verontreinigingen uit het depot. De oorzaak ligt hierbij in het feit dat een verontreiniging die uit de bergingslocatie is getreden sneller wordt afgevoerd dan bij een hoger organisch koolstofgehalte. Het grondwater direct rond de bergingslocatie is daardoor relatief schoon, waardoor de diffusie van verontreinigingen groter zal zijn.

Tabel 5.16. Emissie van variant 1 waarbij de foc van het eerste watervoerende pakket 0,05% bedraagt., Well-Aijen

	100 jaar (mg/ha/jaar)	250 jaar (mg/ha/jaar)	1.000 jaar (mg/ha/jaar)	toelaatbare flux (mg/ha/jaar)
naftaleen	4.057	2.899	1.389	200
fenantreen	215	154	74	40
fluorantheen	125	89	43	10

Verhoogde verdelingscoëfficiënten

Tenslotte zijn berekeningen uitgevoerd met verhoogde verdelingscoëfficiënten (Koc). Bij de gevoeligheidsanalyse is de log Koc van naftaleen verhoogd van 3,18 tot 4,1, dus de Koc van 1.510 tot 12.590, een factor 8. De Koc van fenantreen en fluorantheen zijn verhoogd van 36.310 tot 630.960 (factor 17) en 95.500 tot 794.330 (factor 8,3).

Uit tabel 5.17 blijkt dat dit leidt tot een sterke reductie van de emissie (vergelijk met tabel 5.6). De grote invloed van de Koc op de emissie wordt hiermee nog eens geïllustreerd.

Indien de verdelingscoëfficiënten conform de nieuwe inzichten inderdaad hoger zijn dan tot nu toe werd aangenomen (zie par. 3.2), zou dit dus inhouden dat de werkelijke verspreidingen veel kleiner zullen zijn dan berekend is.

Tabel 5.17. Emissie van variant 1 met verhoogde Koc (log Koc naftaleen 4,1 ipv 3,18; fenantreen 5,8 ipv 4,56; fluorantheen 5,9 ipv 4,98), Well-Aijen

	100 jaar (mg/ha/jaar)	250 jaar (mg/ha/jaar)	1000 jaar (mg/ha/jaar)	toelaatbare flux (mg/ha/jaar)
naftaleen	67	82	84	200
fenantreen	2,0	2,5	2,6	40
fluorantheen	2,5	3,0	3,1	10

5.4 Emissie naar het oppervlaktewater

5.4.1 Vulfase

De weerdgrond per as aangevoerd en vervolgens met behulp van een onderlosser gestort. Bij deze methode gaat 1,5-4,5% van de droge stof in suspensie. In het volgende is uitgegaan van een gemiddelde suspensie van 3%. Door desorptie gaat een deel van de aan de specie gebonden verontreiniging in oplossing. Deze verontreiniging kan vervolgens de Maas bereiken.

In tabel 5.18 is de vracht die tijdens de vulperiode (2 jaar) jaarlijks de Maas bereikt aangegeven, zowel in mg/jaar als relatief ten opzichte van de normale vracht in de Maas.

Tabel 5.18. Emissie naar de Maas tijdens stortfase, Well-Aijen

	variant 0		variant 1		variant 2	
	vracht (mg/jaar)	bijdrage aan Maas (%)	vracht (mg/jaar)	bijdrage aan Maas (%)	vracht (mg/jaar)	bijdrage aan Maas (%)
naftaleen	16.100	0,002%	24.800	0,003%	476.600	0,060%
fenantreen	900	0,001%	1.300	0,001%	25.300	0,016%
fluorantheen	500	0,000%	800	0,000%	14.700	0,003%

concentratie verontreinigingen in het oppervlaktewater boven de berging

Gedetailleerde berekeningen van de effecten van storten van specie op de oppervlaktewaterkwaliteit voor een put langs Maas of Waal zijn uitgevoerd door het RIZA, als onderdeel van de studie naar open

putten (RIZA, "Effecten op waterkwaliteit tijdens storten in open putten", concept, 17 maart 2000). Bij deze studie is uitgegaan van een depot met een inhoud van 5 miljoen m³, een uitwisselingsdebiet met de rivier van 1 m³/s en een sterk verontreinigde specie (concentratie fluorantheen van 4 mg/kg). Berekeningen zijn uitgevoerd voor storten met onderlossers en voor hydraulisch storten. Twee scenario's zijn doorgerekend : een realistisch scenario en een "worst-case" scenario. Uit de berekeningen blijkt dat de MTR-aqua norm voor fluorantheen niet wordt overschreden in het afgevoerd water (vanuit de put). Zelfs voor bij een "worst-case" scenario en met hydraulisch storten blijft de berekende fluorantheen-concentratie ruim onder de MTR-norm (0,11 mg/m³ versus 0,3 mg/m³). Let wel : bij de RIZA-berekeningen is uitgegaan van een specie met een aanzienlijk hoger verontreinigingsgraad dan die van de grond die in het kader van deze studie wordt uitgewerkt.

Er wordt dan ook niet verwacht dat de MTR-aqua normen voor het oppervlaktewater worden overschreden tijdens de vulfase voor de depots en de te storten grond, zoals die in de studie "Ontwerp Bergingslocaties Zandmaas" zijn beschouwd.

5.4.2 Nazorgfase

concentratie verontreinigingen in het oppervlaktewater boven de berging

In het eerste deel van de nazorgfase zal consolidatie van het materiaal optreden. Tijdens deze consolidatie treedt (verontreinigd) poriewater uit. De opwaartse flux komt direct in oppervlaktewater terecht en vervolgens in de Maas. De hoogwatergeul Well-Aijen staat in open verbinding met de Maas, zodat de verontreinigingen door de uitwisseling de Maas kunnen bereiken.

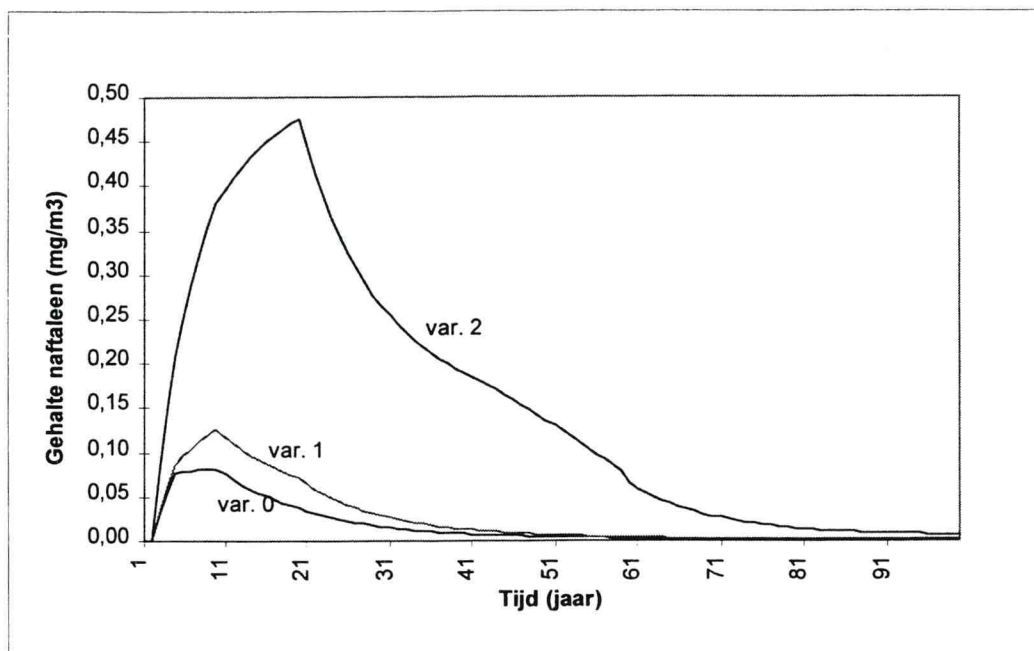
Zoals in hoofdstuk 3 is aangegeven, blijkt dat deze uitwisseling met de Maas (1 à 2 m³/s = 30 tot 60 mln m³/jaar) te bedragen. Dit is een factor 2.000 groter is dan het volume aan uittredend poriewater (17.000 tot 30.000 m³/jaar). Het gevolg is dat het oppervlaktewater boven de specie dezelfde kwaliteit heeft als het Maaswater.

Een 'worst case' voor de kwaliteit van het oppervlaktewater boven de bergingslocatie wordt verkregen indien ervan uit wordt gegaan dat de enige uitwisseling met de Maas bestaat uit de consolidatieflux, het neerslagoverschot en (in de stortfase) de verdringing van water door de te storten grond. Het verloop van de gehalten aan naftaleen in het oppervlaktewater boven bergingslocatie Well-Aijen is voor de varianten 0, 1 en 2 opgenomen in figuur 5.3.

De streefwaarde voor naftaleen is 0,1 mg/m³. Geconcludeerd kan worden dat in de worst case-situatie bij variant 1 en variant 2 gedurende enkele jaren een bijdrage aan de kwaliteit van het oppervlaktewater van meer dan de streefwaarde optreedt. Verwacht kan echter worden dat er tevens een grote uitwisseling met de Maas aanwezig zal zijn, waardoor het gehalte in het water boven de bergingslocatie sterk verminderd zal worden.

Er wordt geen overschrijding van de MTR-aqua norm verwacht gedurende de nazorgfase, temeer daar aan de bovenzijde van de berging een afdeklaag wordt aangebracht. Bij aanwezigheid van organisch stof in de afdeklaag zal de emissie van verontreinigingen vanuit de berging naar het oppervlaktewater verder reduceren.

Figuur 5.3. Gehalte naftaleen in hoogwatergeul Well-Aijen (worst case)



De vracht die in de eerste jaren van de nazorgfase in de Maas komt en de bijdrage aan de normale vracht in de Maas, zijn in tabel 5.19 opgenomen. In de jaren daarna neemt de consolidatieflux steeds verder af, waardoor ook de emissie naar het oppervlaktewater steeds verder afneemt. Opgemerkt moet worden dat de berekeningen zijn uitgevoerd voor een situatie **zonder afdeklaag**.

Tabel 5.19. Emissie naftaleen naar de Maas door uittredend poriewater, Well-Aijen

	variant 0	variant 1	variant 2
1 ^e jaar consolidatieperiode			
vracht naftaleen (mg/jaar)	57.600	52.400	91.500
bijdrage aan Maas (%)	0,007%	0,007%	0,012%
2 ^e jaar consolidatieperiode			
vracht naftaleen (mg/jaar)	64.800	87.000	115.900
bijdrage aan Maas (%)	0,008%	0,011%	0,015%
3 ^e jaar consolidatieperiode			
vracht naftaleen (mg/jaar)	18.800	30.100	74.100
bijdrage aan Maas	0,002%	0,004%	0,009%

Verspreiding via grondwater

Daarnaast zal via het grondwater verontreiniging de Maas bereiken. Uit de MT3D berekeningen is de grootte van deze emissie bepaald. In tabel 5.20 is de emissie van naftaleen via het grondwater naar de Maas opgenomen, zowel in kg als relatief ten opzichte van de normale vracht in de Maas.

Tabel 5.20. Emissie naftaleen naar de Maas via het grondwater, Well-Aijen

periode (jaar)	variant 0			variant 1			variant 2		
	vracht periode (kg)	vracht (mg/jaar)	bijdrage aan Maas (%)	vracht periode (kg)	vracht (mg/jaar)	bijdrage aan Maas (%)	vracht periode (kg)	vracht (mg/jaar)	bijdrage aan Maas (%)
0-100	0,67	6.700	0,000%	0,12	1.200	0,000%	0,15	1.500	0,000%
100-250	3,10	20.670	0,003%	1,10	7.330	0,001%	0,87	5.800	0,001%
250-1.000	14,5	19.330	0,002%	7,77	10.360	0,001%	-	-	-

Uit de tabel blijkt dat de emissie naar de Maas via het grondwater een traag proces is. Bij variant 0 is de emissie in de periode 100-250 jaar iets groter dan in de periode 250-1.000 jaar. Bij variant 1 is na 250 jaar nog een lichte toename in de emissie via het grondwater vast te stellen.

6. Hoogwatergeul Ooijen

De locatie Ooijen betreft een hoogwatergeul en weerdverlaging op de linker Maasoever bij het plaatsje Ooijen. De locatie is gelegen tussen Maaskilometer 123 en 126. De hoogwatergeul heeft een lengte van ca. 1.800 m en een breedte op de waterlijn van 100-150 m. De hoogwatergeul staat aan de stroomafwaartse kant, bij Maaskilometer 126, in verbinding met de Maas. Bij een afvoer van 250 m³/s is het waterpeil in de geul 11,79 m +NAP.

Na uitvoering van de werkzaamheden zal het maaiveld bij de hoogwatergeul op ca. 12 m +NAP liggen. Bij variant 1 ligt de onderkant van de bergingslocatie op 1,5 m +NAP. De gestorte grond wordt afgedekt met een afdeklaag bestaande uit klasse 0/1/2 weerdgrond met een dikte van 1,5 m, de bovenkant van deze afdeklaag komt op 9,5 m +NAP te liggen. Het bergingsvolume bedraagt 1.310.000 m³. Principeschetsen van deze bergingslocatie zijn opgenomen in bijlage 1. Voor een nadere beschrijving van de hoogwatergeul wordt verwezen naar het PvE.

6.1 Modellerings

6.1.1 Beschrijving model

Het model Ooijen is een uitsnede van een grondwatermodel dat door Iwaco is gebouwd en gecali-breerd ten behoeve van de berekeningen voor de Zandmaas. De modelgegevens zijn geconverteerd van Triwaco naar Modflow. Het model heeft een breedte (oost-west) van 6 km (x-coördinaat 206.000 tot 212.000) en een hoogte (noord-zuid) van 7 kilometer (y-coördinaat 387.000 tot 394.000). In het midden hebben de cellen afmetingen van 50x50 m, aan de randen lopen de afmetingen via 100x100 m op tot 200x200 m. Ter plaatse van de hoogwatergeul is de celafmeting 50x50 m.

De geohydrologische situatie en de indeling in modellen zijn weergegeven in tabel 6.1.

Tabel 6.1. Schematisatie van de ondergrond bij Ooijen.

Formatie	diepte (m NAP)	lithografie	doorlatend- heid (m/d)	weerstand (d)	schematisatie	modellaag
Nuenen Groep	+13 tot +11	fijn zand, leem en klei	2		deklaag	1
Formatie van Veghel	+11 tot 0	grof zand	50		WVP 1	2-4 (6)*
Tegelen Klei	*	klei		1000	SDL 1A*	(5)*
Tegelen Grind	*	grind	20		WVP 1A*	(6)*
Kiezeloosiet Formatie, Venlo klei	0 tot - 3	klei		200-2000	SDL 1	7
Kiezeloosiet Formatie, Venlo zanden	-3 tot - 45	zand	25		WVP 2	8-11
Formatie van Breda	vanaf - 45	fijn zand en klei			basis	

* De Tegelen Klei en het Tegelen Grind zijn alleen in het zuidoostelijke deel van het modelgebied aanwezig, niet in de directe omgeving van Ooijen

De toekomstige hoogwatergeul wordt aangebracht in modellaag 1 t/m 5.

Deklaag

De deklaag bestaat voornamelijk uit dekzand van de Formatie van Twente (Nuenen Groep) en uit de matig tot slecht doorlatende lagen van de Formatie van Kreftenheije en van de Betuwe Formatie (klei, zavel en veen). De dikte van de deklaag is niet meer dan 5 m, op sommige plaatsen slechts enkele decimeters. Ook in de omgeving van Ooijen is de deklaag niet meer dan enkele meters dik. De horizontale doorlatendheid (k-waarde) van de deklaag bedraagt 2 m/d. De verticale doorlatendheid van de deklaag is op 0,04 m/d gesteld.

Over het algemeen treedt in de directe omgeving van de Maas kwel op: de stijghoogten in het 1^e watervoerende pakket liggen hoger dan de gehanteerde oppervlaktewaterpeilen en de voorkomende grondwaterstanden.

1° watervoerende pakket

Het eerste watervoerende pakket wordt gevormd door de grofzandige, grindhoudende Formaties van Veghel en Kreftenheije. De doorlatendheid van deze formaties ligt in de orde van 50 m/d. Bij een dikte van het 1° watervoerende pakket van 10-15 m kan een doorlaatvermogen (kD) van 500-750 m²/d worden verwacht. De doorlatendheid van de lagen van het 1° watervoerende pakket (laag 2 t/m 6) bedraagt 50 m/d. Met de dikte van de lagen tezamen (hoofdzakelijk 10-15 m) levert dit een doorlaatvermogen van 500-750 m²/dag. De onderkant van het 1° watervoerende pakket loopt af van oost naar west van ongeveer 5 m +NAP tot 5 à 10 m -NAP.

De grondwaterstroming in het 1° watervoerende pakket is naar de Maas gericht. Het verhang in de omgeving van Ooijen bedraagt ongeveer 1 m/300 m.

Scheidende laag

Ter plaatse van Ooijen is waarschijnlijk nog een dunne laag (enkele meters dik) Venlo Klei aanwezig. De Venlo Klei is samengesteld uit klei en dunne laagjes bruinkool. Modellaag 7 vormt de Venlo Klei. In het noorden van het modelgebied en ten westen van de storing nabij Ooijen is deze nauwelijks aanwezig (dikte 0,1 m), in het zuiden wordt een dikte van ca. 12,5 m bereikt. Over het algemeen ligt de dikte van de Venlo Klei tussen 2 en 4 m. De weerstand van de Venlo Klei is ingebracht door middel van de verticale doorlatendheid, $k_v = 0,001$ m/d (weerstand ca. 2.000 d).

2° watervoerende pakket

Het 2° watervoerende pakket bestaat uit het Venlo Zand. De doorlatendheid van deze formatie bedraagt ongeveer 25 m/d. De dikte van het Venlo Zand varieert sterk, waarbij met name bij storingen grote verschillen op kunnen treden. In de omgeving van Ooijen wordt op basis van het Grondwaterplan een dikte van 40-60 m verwacht. In noordelijke richting neemt de dikte van het 2° watervoerende pakket sterk af. De Venlo zanden zijn geschematiseerd met behulp van modellaag 8 tot en met 11. De doorlatendheid van het Venlo Zand bedraagt ca. 25 m/d, de dikte van het 2° watervoerende pakket ligt tussen enkele meters in het noorden van het modelgebied en ca. 75 m in het uiterste zuiden. In de omgeving van Ooijen heeft het 2° watervoerende pakket een dikte van ca. 40 m.

De stijghoogten in het 2° watervoerende pakket vallen in de omgeving van Ooijen vrijwel samen met die van het 1° pakket als gevolg van het uitwijken van de bovenliggende scheidende laag. In de directe omgeving van de Maas is er sprake van kwel van het 2° naar het 1° watervoerende pakket.

Geohydrologische basis

De Formatie van Breda is de geohydrologische basis. De top hiervan ligt op ca. 45 m -NAP.

Neerslag

Er is een neerslagoverschot ingevoerd van 0,6 mm/dag (220 mm/jaar). Bij de berekeningen waarin de hoogwatergeul is ingevoerd, wordt ter plaatse van de geul geen neerslagoverschot ingevoerd. Boven de bergingslocatie staat immers altijd oppervlaktewater, waardoor neerslag hier niet aan het grondwater wordt toegevoegd, maar direct wordt afgevoerd naar de Maas.

Drainage

In de bovenste modellaag is een bovenrandvoorwaarde toegepast door middel van het aangeven van drains. Indien de grondwaterstand boven de aangegeven hoogte komt, wordt grondwater afgevoerd. Hiermee kan de aanwezigheid van afwateringsmiddelen (greppels, sloten e.d.) gesimuleerd worden.

Randvoorwaarden

In het onderste deel van het 1° watervoerende pakket (laag 6) en in het 2° watervoerende pakket (laag 8 t/m 11) zijn rondom vaste stijghoogten opgegeven als randvoorwaarde.

6.1.2 Calibratie

Het model is enigszins gewijzigd ten opzichte van de oorspronkelijke uitsnede van het Iwaco-model. De doorlatendheid en hydraulische weerstand zijn in geringe mate aangepast aan de indeling in watervoerende en scheidende lagen. De Maas heeft een belangrijke invloed op het isohypsenpatroon. De laagste grondwaterstanden worden berekend bij de Maas (even boven Maaspeil, ca. 11,5 m +NAP), in westelijke en oostelijke richting lopen de grondwaterstanden op tot rond de 18 m +NAP. Met name in westelijke richting liggen de grondwaterstanden iets hoger dan de isohypsen van het Grondwaterplan

en de Grondwaterkaart. Dit hangt samen met de in het model ingevoerde drainage en vaste randstijghoogten. In de omgeving van de voorgenomen hoogwatergeul komen de stijghoogten en het verhang van het grondwater in het 1^e watervoerende pakket goed overeen met de gegevens van het Grondwaterplan. Ook oostelijk van de Maas wordt het (steile) verhang goed weergegeven. De stijghoogten in het 2^e watervoerende pakket liggen in de omgeving van de Maas hoger dan in het 1^e watervoerende pakket, overeenkomstig de beschikbare isohypsen. In de overige delen is sprake van een situatie waarbij de stijghoogte in het 1^e en 2^e watervoerende pakket weinig verschillen.

6.1.3 Referentiesituatie

De referentiesituatie komt overeen met de huidige situatie, inclusief het opzetten van het peil in de Maas. Ten aanzien van het Maaspeil wordt verondersteld dat het combinatie-alternatief is uitgevoerd, hetgeen resulteert in een verhoging van de Maaspeilen bij Ooijen met ca. 0,7 m tot 11,80 m NAP bij een afvoer van 250 m³/s. De stijghoogte in het 1^e watervoerende pakket wordt in de directe omgeving van de Maas dus met ca. 0,6 m verhoogd. Op een afstand van ongeveer 2 km is deze verhoging van de stijghoogte afgenomen tot ca. 0,1 m.

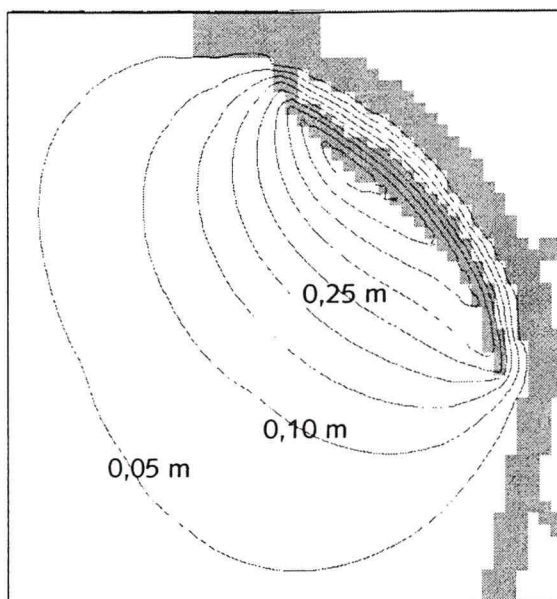
De hydrologische effecten van de ingreep zijn dus bepaald ten opzichte van de referentiesituatie, zoals deze hierboven is gedefinieerd. Ook voor de berekeningen aan emissie en verspreiding is de referentiesituatie als uitgangspunt gebruikt.

6.2 Hydrologische effecten ingreep

6.2.1 Hydrologische effecten aanleg hoogwatergeul en bergingslocatie

Voor de bepaling van de effecten van de aanleg van de hoogwatergeul Ooijen, is er van uitgegaan dat de hoogwatergeul en bergingslocatie eerst geheel worden ontgraven, en aansluitend wordt gevuld met weerdgrond. Omdat de geul stroomafwaarts in verbinding zal staan met de Maas, zal het waterpeil in de geul lager liggen dan de grondwaterstand ter plaatse van de geul bij de referentiesituatie.

Figuur 6.1. Verlaging van de grondwaterstand in de aanlegfase bij hoogwatergeul Ooijen (interval 0,05 m, weergegeven gebied 2,4 km bij 2,6 km)



Uit de berekeningen blijkt dat een maximale verlaging van de grondwaterstand verwacht kan worden van ca. 0,6 m ten opzichte van de referentiesituatie. In zuidwestelijke richting is het invloedsgebied van de aanleg van de geul het grootst. Op een afstand van ca. 500 m is de verlaging nog ca. 0,25 m, op ca. 1 km afstand is de verlaging afgenomen tot 0,1 m. De 5 cm-verlagingslijn ligt in zuidwestelijke richting

op ca. 1.250 m afstand. In de overige richtingen wordt de verlaging sterk beperkt door de Maas (zie figuur 6.1).

De berekende verlaging betreft de maximale verlaging. In de praktijk zal de geul namelijk gedeeltelijk al weer gevuld zijn voordat het volgende deel wordt ontgraven wordt, zodat opstuwing van grondwater optreedt als gevolg van de slecht doorlatende specie.

Gebruiksfunctie

Het gebied waar effecten op de grondwaterstanden optreden, wordt hoofdzakelijk voor landbouw (grasland en bouwland) gebruikt. Ten westen van de bergingslocatie bevindt zich het prioritaire gebied Sohr-Legerter Bos. Bij de berekende (maximale) verlaging wordt in de zuid-oostelijke punt van dit gebied een verlaging van 0,05 tot 0,1 m verwacht tijdens de aanlegfase.

6.2.2 Hydrologische effecten gevulde hoogwatergeul

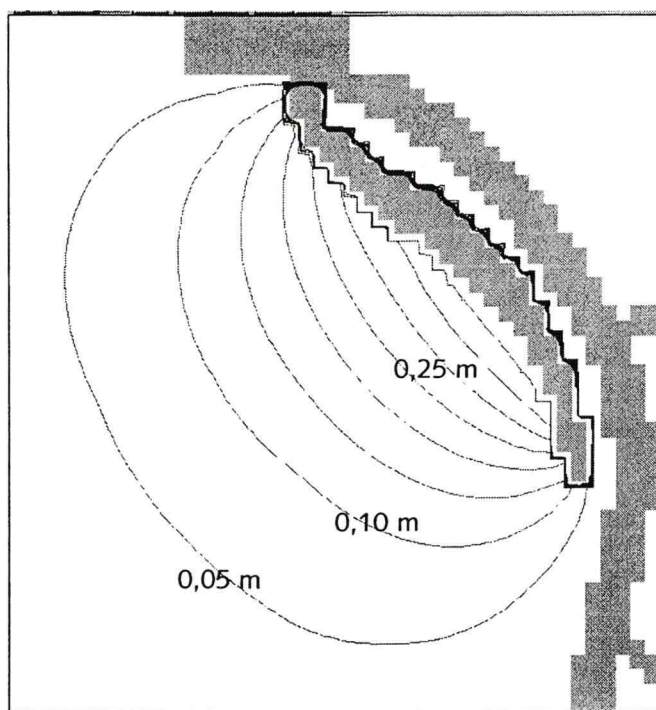
Uit de consolidatieberekeningen volgt bij variant 1 dat na consolidatie de hydraulische weerstand 150.000 dagen bedraagt, hetgeen overeenkomt met 18.750 d/m. Deze weerstand is ingevoerd door middel van de verticale doorlatendheid. De horizontale doorlatendheid is vrijwel gelijk gesteld aan de verticale doorlatendheid.

De effecten op de grondwaterstand worden vooral bepaald door de lage doorlatendheid van de baggerspecie. De grondwaterstand is ten opzichte van de referentiesituatie direct zuidwestelijk van de hoogwatergeul met ongeveer 0,4 à 0,45 m verhoogd als gevolg van opstuwing van aanstromend grondwater. In noordelijke en zuidoostelijke richting worden de effecten snel uitgedempt door de Maas. Op een afstand van maximaal 300 m, ten zuidwesten van de hoogwatergeul is de verhoging van de grondwaterstand afgenomen tot 0,25 m. De 10 cm-verhogingslijn ligt op een maximale afstand van 800 m vanaf de hoogwatergeul. Op een afstand van ca. 1.200 m is de verhoging kleiner dan 5 cm. In oostelijke richting, tussen de Maas en de hoogwatergeul, treedt een verlaging van de grondwaterstand op ten opzichte van de referentiesituatie met ca. 0,1 m. Oostelijk van de Maas zijn er geen effecten (zie figuur 6.2).

Gebruiksfunctie

Het gebied waar effecten op de grondwaterstanden optreden, wordt hoofdzakelijk voor landbouw (grasland en bouwland) gebruikt. In het (prioritaire) gebied Sohr-Legerterbos wordt in de zuid-oostelijke punt een verhoging van de grondwaterstanden van 0,05 meter meter verwacht bij een gevulde hoogwatergeul.

Figuur 6.2 Verhoging van de grondwaterstand bij gevulde berging, Ooijen (interval 0,05 m, weergegeven gebied 2,2 km bij 2,4 km)



6.3 Emissie en verspreiding naar grondwater

6.3.1 Kwaliteit van de gestorte grond

De kwaliteit van het poriewater is bepaald aan de hand van de maatgevende concentratie van de gestorte grond alsmede stofkenmerken (K_{oc}) en het organisch koolstofgehalte (f_{oc}). In tabel 6.2 zijn de resultaten weergegeven. Hierbij is tevens de toets op de overschrijding van de streefwaarde opgenomen.

Tabel 6.2. Kwaliteit grond en toetsing poriewaterconcentratie, Ooijen

	Maatg. conc. (mg/kg)	log K_{oc}	f_{oc} specie (-)	totaal opgelost (mg/m ³)	streefwaarde (mg/m ³)	overschrijding	factor
naftaleen	0,05	3,18	0,019	1,55	0,1	ja	16
fenantreen	0,08	4,56	0,019	0,12	0,02	ja	6
fluorantheen	0,14	4,98	0,019	0,07	0,005	ja	15

Zoals uit tabel 6.2 blijkt, is het opgeloste gehalte in het poriewater hoger dan de streefwaarde.

De verspreidingsberekeningen zijn uitgevoerd voor de meest kritische stof. Deze meest kritische stof is gedefinieerd als die stof waarvoor het quotiënt van de overschrijding van de streefwaarde en de retardatie (R) van het watervoerende pakket waarin het depot ligt, het hoogst is. In de tabel 6.3 zijn deze quotiënten opgenomen.

Tabel 6.3. Bepaling van de kritische verontreiniging, Ooijen

	totaal opgelost (mg/m ³)	streefwaarde (mg/m ³)	overschrijding	f_{oc} wvp (-)	Retardatie	overschrijding/ R
naftaleen	1,55	0,1	16	0,005	52	0,295
fenantreen	0,12	0,02	6	0,005	1.235	0,005
fluorantheen	0,07	0,005	15	0,005	3.248	0,005

Uit tabel 6.3 volgt dat naftaleen de meest kritische stof is.

6.3.2 Variant 1

Variant 1 heeft een bergingsvolume van 1.310.000 m³. Hierbij is inbegrepen het bergingsvolume in de afdeklaag (dikte 1,5 m), bestaande uit klasse 0/1/2 grond. De resultaten van de verspreidingsberekeningen zijn opgenomen in tabel 6.4.

Tabel 6.4. Emissie van verontreinigingen bij variant 1, Ooijen

	100 jaar (mg/ha/jaar)	250 jaar (mg/ha/jaar)	1.000 jaar (mg/ha/jaar)	toelaatbare flux (mg/ha/jaar)
naftaleen	2.690	2.354	1.599	200
fenantreen	207	182	123	40
fluorantheen	133	117	79	10

Uit de berekeningen blijkt dat de emissie na verloop van tijd afneemt. Daarnaast volgt uit tabel 5.4 dat niet wordt voldaan aan stap 2 uit het BvB.

Vervolgens is het tot boven de streefwaarde verontreinigde volume buiten het depot na 10.000 jaar bepaald (stap 3 BvB). De resultaten staan in tabel 6.5.

Tabel 6.5. Beïnvloed volume na 10.000 jaar bij variant 1, Ooijen

	volume bergingslocatie (m ³)	beïnvloed volume na 10.000 jaar (m ³)	verhouding (%)
naftaleen	1.310.000	0	0%

Uit de berekeningen blijkt dat buiten de hoogwatergeul na 10.000 jaar geen concentraties hoger dan de streefwaarde te verwachten zijn. De oorzaak hiervan ligt in de verdunning van verontreinigingen door het langsstromende grondwater. De stroomsnelheid van het grondwater tussen de geul en de Maas liggen in de orde van 75-100 m/jaar terwijl de stroomsnelheid in het watervoerende pakket direct onder de geul ongeveer 200-400 m/jaar bedraagt. Deze hoge stroomsnelheid onder het depot is een gevolg van het feit dat het depot een groot deel van het eerste watervoerende pakket afsluit. Dit heeft enerzijds een relatief grote opstuwing van de grondwaterstand tot gevolg, anderzijds wordt het grondwater onder het depot door 'geperst'. Het uiteindelijke effect is dat de verontreinigingen die uit het depot worden gespoeld in een relatief korte tijd de Maas bereiken, waardoor vrijwel geen ophoping tussen het depot en de Maas optreedt.

6.3.3 Variant 1 met gescheiden berging

Naast de 'gewone' variant 1 is tevens een variant met gescheiden berging doorgerekend. Hierbij is de klasse 3/4 specie (105.000 m³) als aparte laag aangebracht tussen lagen met klasse 0/1/2 specie (1.205.000 m³). Op basis van het volume aan klasse 3/4 specie en de oppervlakte van het depot volgt dat deze specie in een laag met een gemiddelde dikte van 0,58 m wordt aangebracht, op een diepte van 6,75 m NAP tot 6,17 m +NAP. De bodem van het depot ligt op 1,50 m +NAP.

In tabel 6.6 is het gehalte in het poriewater weergegeven voor de baggerspecie met klasse 0/1/2 en klasse 3/4 afzonderlijk.

Tabel 6.6. Kwaliteit grond en toetsing poriewaterconcentratie, bij gescheiden berging Ooijen

	Maatg. conc. (mg/kg)	log K _{oc}	f _{oc} (-)	totaal opgelost (mg/m ³)	streef-waarde (mg/m ³)	overschrij-ding	factor
klasse 0 / 1 / 2							
naftaleen	0,02	3,18	0,018	0,76	0,1	ja	8
fenantreen	0,03	4,56	0,018	0,05	0,02	ja	2
fluorantheen	0,04	4,98	0,018	0,02	0,005	ja	5
klasse 3/ 4							
naftaleen	0,34	3,18	0,042	5,35	0,1	ja	54
fenantreen	0,69	4,56	0,042	0,45	0,02	ja	23
fluorantheen	1,26	4,98	0,042	0,31	0,005	ja	63

Hieruit volgt dat de gehalten in het poriewater voor alle stoffen hoger liggen dan de streefwaarden, zowel voor het relatief schone materiaal als het sterk verontreinigde materiaal. Overeenkomstig het depot zonder gescheiden berging is naftaleen de meest kritische stof. De resultaten van de emissieberekeningen zijn vermeld in tabel 6.7.

Tabel 6.7. Emissie van verontreinigingen bij gescheiden berging, Ooijen

	100 jaar (mg/ha/jaar)	250 jaar (mg/ha/jaar)	1.000 jaar (mg/ha/jaar)	toelaatbare flux (mg/ha/jaar)
naftaleen	1.125	871	642	200
fenantreen	78	61	45	40
fluorantheen	45	35	26	10

Uit tabel 5.7 blijkt dat de emissie lager ligt dan bij de variant zonder gescheiden berging (vergelijk met tabel 6.4). Zoals verwacht vindt de emissie van verontreinigingen in een lager tempo plaats als gevolg van de isolerende werking van het materiaal van klasse 0/1/2. Het tot boven de streefwaarde verontreinigde volume buiten de bergingslocatie is na 10.000 jaar, net als bij de niet gescheiden berging, 0% (zie tabel 6.8).

Tabel 6.8. Beïnvloed volume na 10.000 jaar bij gescheiden berging, Ooijen

	volume bergingslocatie (m ³)	beïnvloed volume na 10.000 jaar (m ³)	verhouding (%)
naftaleen	1.310.000	0	0%

Uitloging verontreiniging vanuit bergingslocatie

Uit de berekening van de emissie en van het verontreinigde volume kan de indruk ontstaan dat een belangrijk deel van de vracht uit de bergingslocaties is uitgeloozd. Om deze getallen in het juiste perspectief te plaatsen, is in tabel 6.9 de uitloging van naftaleen na 100, 250 en 1.000 jaar opgenomen. Zichtbaar is dat bij variant 1 na 1.000 jaar nog ca. 70% van de oorspronkelijke vracht in de bergingslocatie aanwezig is, bij de variant met gescheiden berging is dit ca. 85%.

Tabel 6.9. Uitgeloozde vracht naftaleen vanuit bergingslocatie Ooijen

	variant 1	variant 1 met gescheiden berging
100 jaar	4,8%	2,5%
250 jaar	10,5%	5,8%
1.000 jaar	28,5%	16,4%

6.3.4 Beïnvloeding grondwaterwinningen

In de directe omgeving van de bergingslocatie Ooijen zijn geen grondwaterwinningen ten behoeve van drinkwater aanwezig. De dichtstbij gelegen waterwinning is pompstation Grubbenvorst. Dit pompstation ligt ca. 4 km in zuidelijke richting vanaf de bergingslocatie.

Gezien de afstand tussen de bergingslocatie en het pompstation en het verspreidingspatroon van de verontreinigingen, kan worden uitgesloten dat verontreinigingen vanuit de bergingslocatie PS Grubbenvorst zullen bereiken.

6.4 Emissie naar oppervlaktewater

6.4.1 Vulfase

De weerdgrond wordt gestort door middel van onderlossers. Bij deze methode gaat 1,5-4,5% van de droge stof in suspensie. In het volgende is uitgegaan van een gemiddelde suspensie van 3%. Door desorptie gaat een deel van de aan de specie gebonden verontreiniging in oplossing. Deze verontreiniging kan vervolgens de Maas bereiken.

In tabel 6.10 is de vracht die tijdens de vulperiode (2 jaar) jaarlijks de Maas bereikt aangegeven, zowel in mg/jaar als relatief ten opzichte van de normale vracht in de Maas.

Tabel 6.10. Emissie naar de Maas tijdens vulfase, Ooijen

	variant 1	
	vracht (mg/jaar)	bijdrage aan Maas (%)
naftaleen	6.500	0,001 %
fenantreen	800	0,000 %
fluorantheen	200	0,000 %

concentratie verontreinigingen in het oppervlaktewater boven de berging

Er wordt geen overschrijding van de MTR-aqua norm verwacht. Voor de onderbouwing wordt verwezen naar de beschouwing bij de berging Well-Aijen.

6.4.2 Nazorgfase

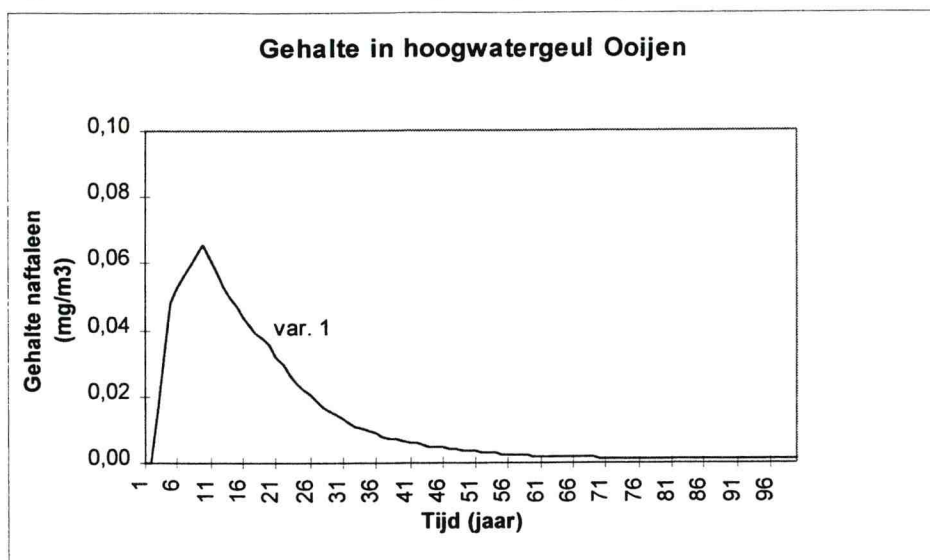
concentratie verontreinigingen in het oppervlaktewater boven de berging

Tijdens de consolidatie treedt (verontreinigd) poriewater uit. De opwaartse consolidatieflux komt in het oppervlaktewater boven de bergingslocatie. De hoogwatergeul Ooijen staat in open verbinding met de Maas, zodat de verontreiniging door de uitwisseling de Maas kan bereiken.

Zoals in hoofdstuk 3 is aangegeven, blijkt dat deze uitwisseling met de Maas (ca. 1 m³/s = 30 mln m³/jaar) te bedragen. Dit is een factor 2.000 groter is dan het volume aan uittredend poriewater (15.000 m³/jaar). Dit heeft tot gevolg dat het oppervlaktewater boven de specie vrijwel dezelfde kwaliteit heeft als het Maaswater.

Een 'worst case' voor de kwaliteit van het oppervlaktewater boven de bergingslocatie wordt verkregen indien ervan uit wordt gegaan dat de enige uitwisseling met de Maas bestaat uit de consolidatieflux, het neerslagoverschot en (in de stortfase) de verdringing van water door de te storten grond. Het gehalte aan naftaleen dat in deze worst case situatie op zou treden, is weergegeven in figuur 6.3.

Figuur 6.3 Gehalte naftaleen in hoogwatergeul Ooijen (worst case)



De streefwaarde voor naftaleen is 0,1 mg/m³. Zoals uit de figuur blijkt, zal zelfs in de worst case-situatie de streefwaarde niet worden overschreden.

De vracht die in de eerste jaren van de nazorgfase in de Maas komt en de bijdrage aan de normale vracht in de Maas, zijn opgenomen in tabel 6.11. In de jaren daarna neemt de consolidatieflux steeds verder af, waardoor ook de emissie naar het oppervlaktewater steeds verder afneemt.

Tabel 6.11. Emissie naftaleen naar de Maas door uittredend poriewater, Ooijen

	1 ^e jaar	2 ^e jaar	3 ^e jaar
vracht naftaleen (mg/jaar)	15.900	23.200	8.500
bijdrage aan Maas (%)	0,002%	0,003%	0,001%

Er wordt geen overschrijding van de MTR-aqua norm verwacht, temeer daar in de nazorgfase de berging wordt afgedekt aan de bovenzijde.

Verspreiding via grondwater

Daarnaast zal via het grondwater verontreiniging de Maas bereiken. Uit de MT3D berekeningen is de grootte van deze emissie bepaald. In tabel 6.12 is de emissie van naftaleen via het grondwater naar de Maas opgenomen, zowel in kg als relatief ten opzichte van de normale vracht in de Maas.

Tabel 6.12. Emissie naftaleen naar de Maas via het grondwater, Ooijen

periode (jaar)	variant 1			variant 1 met gescheiden berging		
	vracht in periode (kg)	vracht (mg/jaar)	bijdrage aan Maas (%)	vracht in periode (kg)	vracht (kg/jaar)	bijdrage aan Maas (%)
0-100	1,62	16.200	0,002%	0,70	7.000	0,001%
100-250	4,28	28.530	0,004%	1,81	12.070	0,002%
250-1.000	13,8	18.400	0,002%	5,75	7.670	0,001%
1.000-10.000	27,7	3.080	0,000%	28,4	3.160	0,000%

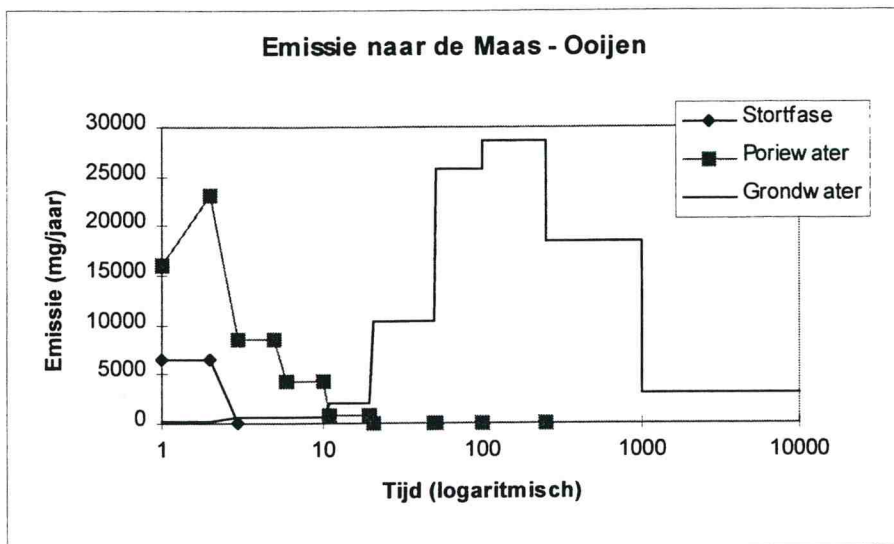
Uit de tabel blijkt dat de emissie naar de Maas een traag proces is. De maximale bijdrage ligt in de periode 100-250 jaar na aanleg. Hoewel de totale vracht naar de Maas in de perioden daarna groter zijn, is de vracht per jaar kleiner.

Bij de gescheiden variant is de emissie via het grondwater in de gehele beschouwde periode kleiner dan bij de ongescheiden variant. Dit komt overeen met de kleinere emissie die berekend is bij de verspreidingsberekeningen naar het grondwater.

In figuur 6.4 is de emissie naar de Maas weergegeven als gevolg van het storten en in suspensie gaan van de weerdgrond, het uittreden van poriewater en de emissie via het grondwater. De tijd is in deze figuur logaritmisches weergegeven.

Zichtbaar is het trage effect van de emissie via het grondwater in vergelijking met de beide andere emissies.

Figuur 6.4. Emissie naar de Maas variant 1, Ooijen



7. Kleisperm Lomm

De locatie Lomm betreft een hoogwatergeul, een weerdverlaging en een kleisperm op de rechter Maasoever, tussen Maaskilometer 114 en 117. De locatie is gelegen langs een binnenbocht van de Maas in de Venlo Slenk, ca. 30 km bovenstrooms van de stuw bij Sambeek en 15 km benedenstrooms van de stuw bij Belfeld. De hoogwatergeul bij Lomm heeft een lengte van ongeveer 1.600 m en een breedte die op de waterlijn varieert tussen 125 en 200 m. Oostelijk van de geul is een bergingslocatie in de vorm van een kleisperm gepland. Dit kleisperm moet ervoor zorgen dat geen grondwaterstandsverlaging op zal treden als gevolg van de aanleg van de hoogwatergeul. De lengte van het kleisperm is ongeveer 2.400 m. In het navolgende zullen alleen de effecten van het kleisperm worden beschouwd.

Na uitvoering van de werkzaamheden zal het maaiveld bij het kleisperm op ca. 13,75 m +NAP liggen. De onderkant van het kleisperm rust op de Venlo Klei, op een diepte van ca. 5 m -NAP. De bodembreedte van het kleisperm is 20 m, de breedte zal op maaiveld ongeveer 95 m bedragen. De baggerspecie wordt afgedekt met een afdeklaag van 1 à 2 m dikte (tussen 11,75 à 12,75 m +NAP en 13,75 m +NAP). Principeschetsen van deze bergingslocatie zijn opgenomen in bijlage 1. Voor een nadere beschrijving van het kleisperm wordt verwezen naar het PvE.

7.1 Modellerings

7.1.1 Beschrijving model

Het model Lomm is een uitsnede van een grondwatermodel dat door Iwaco is gebouwd en gecalibreerd ten behoeve van de berekeningen voor de Zandmaas. De modelgegevens zijn geconverteerd van Triwaco naar Modflow. Het modelgebied is dusdanig gekozen dat de verwachte effecten van de ingreep zich binnen het modelgebied afspelen. Het gekozen modelgebied verloopt van x-coördinaat 208.000 tot 214.000 en een y-coördinaat 379.000 tot 387.600. In de omgeving van het kleisperm hebben de cellen afmetingen van 25x50 m, aan de randen lopen de afmetingen via 50x50 en 100x100 m op tot 200x200 m.

In tabel 7.1 zijn de geohydrologische schematisatie en de indeling in modellagen opgenomen.

Tabel 7.1 Schematisatie van de ondergrond in de omgeving van Lomm

Formatie	diepte (m NAP)	lithografie	doorlatendheid (m/d)	weerstand (d)	schematisatie	modellaag
Nuenen	+14 tot +12	fijn zand, leem en klei	5		deklaag	1
Formatie van Veghel	+12 tot -5	grof zand	50		WVP 1	2-4 (7)
Formatie van Tegelen Tegelen klei	*	klei		*	SDL 1A*	(5)*
Formatie van Tegelen Tegelen grind	*	grind	200		WVP 1A*	(6-7)*
Kiezeloooliet Formatie, Venlo Klei	- 5 tot -7	klei		2.000	SDL 1	8
Kiezeloooliet Formatie, Venlo Zand	-7 tot -50	zand	25		WVP 2	9-12
Formatie van Breda	vanaf - 50	fijn zand en klei			basis	

* De Formatie van Tegelen komt ten oosten van de bergingslocatie Lomm voor, maar niet op de bergingslocatie zelf.

Het model is opgebouwd uit in totaal 12 modellagen. De bovenste modellaag (laag 1) vormt de deklaag. De modellagen 2 t/m 7 vormen de Formatie van Veghel. Modellaag 8 vormt de Venlo Klei (Kiezeloooliet Formatie) en modellagen 9 t/m 12 vormen het Venlo Zand (Kiezeloooliet Formatie). In het oostelijke deel van het modelgebied zijn tevens de Tegelen Klei (modellaag 5) en het Tegelen Grind (modellagen 6 en 7) aanwezig. In dit gebied wordt het 2^e watervoerende pakket door de modellagen 2 t/m 4 gevormd. Het toekomstige kleisperm wordt in de modellagen 2 t/m 7 aangebracht.

Deklaag

Vanaf het maaiveld tot een diepte van ca. 2 m beneden maaiveld komen fijne leemhoudende zanden en kleilaagjes van de Formaties van Twente en Eindhoven voor. Deze afzettingen worden aangeduid als de Nuenen groep. De doorlatendheid (k-waarde) van de deklaag bedraagt 5 m/d. De verticale doorlatendheid van de deklaag is 0,04 m/d (verticale weerstand 25 d/m).

1^e watervoerende pakket

Onder de Nuenen groep ligt een pakket rivierzand van de Formatie van Veghel en de Formatie van Kreftenheye. Deze rivierzanden bestaan uit grove zanden met grind en hebben een dikte van 15 tot 20 m. De doorlatendheid van de lagen van het 1^e watervoerende pakket (laag 2 t/m 7) bedraagt 50 m/d. Met de dikte van de lagen tezamen (ca. 18 m bij Lomm) levert dit een doorlaatvermogen van 900 m²/dag. In het oostelijke deel van het modelgebied wordt het 1^e watervoerende pakket door de modellagen 2 t/m 4 gevormd, de modellagen 5 t/m 7 vormen de Formatie van Tegelen (Klei en Grind). De grondwaterstroming in het eerste watervoerende pakket is naar de Maas gericht.

Scheidende laag 1A

De Tegelen Klei is een slecht doorlatende kleilaag. De Tegelen Klei is in het oostelijke deel van het modelgebied aanwezig. De dikte van deze laag is enkele meters (2-7). De weerstand bedraagt ongeveer 2.000-7.000 d. Waar de Tegelen Klei aanwezig is, wordt deze door modellaag 5 gevormd.

Watervoerend pakket 1A

In het gebied waar Tegelen Klei aanwezig is, is tevens het Tegelen Grind aanwezig. Deze formatie wordt gevormd door de modellagen 6 en 7. De doorlatendheid van het Tegelen Grind is op 200 m/d geschat. De dikte van het Tegelen Grind is 3-7 m.

Scheidende laag 1

De Venlo Klei (Kiezeloooliet Formatie) is in het gehele modelgebied aanwezig en heeft in de omgeving van Lomm een dikte van ca. 2 m. De Venlo Klei is hoofdzakelijk samengesteld uit klei, afgewisseld met plaatselijk dunne laagjes bruinkool. Modellaag 8 vormt de Venlo Klei. De weerstand van de Venlo Klei is ongeveer 2.000 dagen in de omgeving van Lomm.

2^e watervoerende pakket

Het 2^e watervoerende pakket bestaat uit het Venlo Zand. De dikte van het Venlo Zand varieert sterk, waarbij met name bij storingen grote verschillen in dikte op kunnen treden.

De Venlo Zanden zijn geschematiseerd met behulp van de modellagen 9 t/m 12. De doorlatendheid van het Venlo Zand bedraagt ca. 25 m/d, de dikte bedraagt ca. 40 m in de omgeving van Lomm.

De grondwaterstroming is globaal gericht naar het west-noordwesten.

Geohydrologische basis

De Formatie van Breda is de geohydrologische basis. De top hiervan ligt op ca. 50 m -NAP.

Neerslag

Het neerslagoverschot bedraagt 0,6 mm/dag (220 mm/jaar). Bij de berekeningen waarin de bergingslocatie is ingevoerd, wordt ter plaatse van de bergingslocatie geen neerslagoverschot ingevoerd. De weerdgrond wordt tot aan maaiveld aangebracht. De hydraulische doorlatendheid van de weerdgrond is zeer klein (ca. 0,00003 m/d), waardoor de neerslag niet in de bodem zal dringen, maar oppervlakkig af zal stromen naar de randen van de bergingslocatie. Door ondiepe drainage en/of greppels zal de neerslag vervolgens afgevoerd worden.

Randvoorwaarden

In de watervoerende lagen is aan alle zijden van het modelgebied een vaste stijghoogte ingevoerd.

7.1.2 Calibratie

Het model is enigszins gewijzigd ten opzichte van de oorspronkelijke uitsnede van het Iwaco-model. De doorlatendheid en hydraulische weerstand zijn aangepast aan de aangepaste indeling in watervoerende en scheidende lagen. De Maas heeft in het 1^e watervoerende pakket een belangrijke invloed op het

isohypsenpatroon. De laagste grondwaterstanden worden berekend bij de Maas (even boven Maaspeil, ca. 12 m +NAP), in westelijke en oostelijke richting lopen de grondwaterstanden op. In de omgeving van de hoogwatergeul komen de stijghoogten en het verhang in het eerste watervoerende pakket goed overeen met de gegevens van het Grondwaterplan.

De stijghoogten in het 2^e watervoerende pakket liggen in de omgeving van de Maas hoger dan in het 1^e watervoerende pakket. Ter plekke van de bergingslocatie bedraagt het stijghoogteverschil volgens de modelberekeningen bijna 3 m. Het berekende isohypsenpatroon wijkt enigszins af van de op basis van metingen afgeleide isohypsen: ter plaatse van de hoogwatergeul zijn in het 2^e watervoerende pakket hogere stijghoogten berekend dan op basis van de in de regio beschikbare peilbuisgegevens mag worden verwacht. Hierdoor is de door het model berekende kwelstroom van het 2^e naar het 1^e watervoerende pakket mogelijk te hoog. Daarnaast is de stromingsrichting van het grondwater in het tweede watervoerende pakket meer noordelijk gericht dan in de Grondwaterkaart is aangegeven. Gezien het beperkte aantal peilbuizen waarop de isohypsen uit de Grondwaterkaart gebaseerd zijn, is het model echter niet verder aangepast.

Bij de beoordeling van de resultaten dient men er dus rekening mee te houden dat de berekende kwel mogelijk hoger is dan de werkelijke kwel. Indien blijkt dat de kwel een belangrijke invloed heeft op de verspreidingsberekeningen, wordt aanbevolen middels enkele peilbuizen ter plaatse het werkelijke stijghoogteverschil te bepalen.

7.1.3 Referentiesituatie

De referentiesituatie komt overeen met de huidige situatie, inclusief het opzetten van het peil in de Maas bij stuw Sambeek. Ten aanzien van het Maaspeil wordt namelijk verondersteld dat het combinatie-alternatief is uitgevoerd, hetgeen in het geval van Lomm resulteert in een peil van ca. 11,95 m +NAP bij een afvoer van 250 m³/s (zie PvE). Dit Maaspeil (11,95 m +NAP) is dus gebruikt voor het vaststellen van de referentiesituatie. Het huidige peil van de Maas bedraagt ter hoogte van de hoogwatergeul ongeveer 11,6 m +NAP bij een afvoer van 250 m³/s. De stijghoogte in het 1^e watervoerende pakket wordt in de directe omgeving van de Maas met ca. 0,3 m verhoogd. Op een afstand van 1 à 1,5 km is de verhoging van de stijghoogte afgenomen tot ca. 0,1 m.

De hydrologische effecten van de ingreep zijn bepaald ten opzichte van de referentiesituatie, zoals deze hierboven is gedefinieerd. Ook voor de berekeningen aan emissie en verspreiding is de referentiesituatie als uitgangspunt gebruikt.

7.2 Hydrologische effecten ingreep

7.2.1 Hydrologische effecten aanleg kleischerm

Bij het berekenen van de hydrologische effecten van de aanleg van het kleischerm Lomm is uitgegaan van een gefaseerde aanleg: een deel van het kleischerm met een lengte van 400 m wordt ontgraven en daarna opgevuld tot 9,75 m +NAP, vervolgens wordt het aansluitende deel van 400 m ontgraven en opgevuld tot 9,75 m +NAP. Nadat het gehele kleischerm is ontgraven en opgevuld tot 9,75 m +NAP wordt een laag weerdgrond met een dikte van ca. 4 m aangebracht (tot 13,75 m +NAP). Het water dat zich tijdens aanleg boven het kleischerm verzamelt, staat niet in verbinding met de Maas. De grond wordt hier middels persleidingen gestort (zie deelrapport Waterbouw). Het waterpeil boven het kleischerm (boven de baggerspecie) tijdens de aanlegfase zal door toestromend grondwater en het neerslagoverschot worden bepaald.

De hydrologische effecten zijn voor verschillende situaties tijdens de aanlegfase berekend:

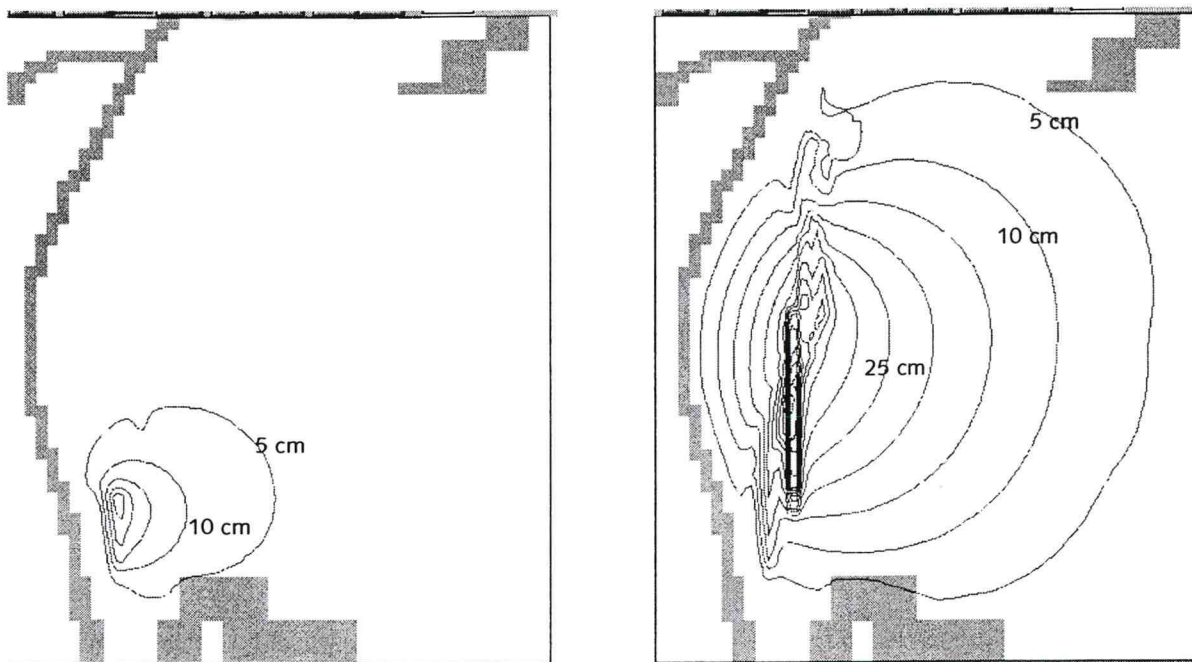
1. één deel van 400 m is ontgraven, nog geen aanvulling
2. twee delen van 400 m zijn opgevuld tot 9,75 m +NAP, één deel van 400 m is ontgraven
3. vier delen van 400 m zijn opgevuld tot 9,75 m +NAP, één deel van 400 m is ontgraven
4. vijf delen van 400 m zijn opgevuld tot 9,75 m +NAP, één deel (laatste deel) van 400 m is ontgraven.

In figuur 7.1 zijn de verlagingen van de grondwaterstand in twee situaties van de aanlegfase weergegeven, berekening 1 en 4. Bij het 1^e deel van de aanleg zijn de maximale verlagingen ongeveer 0,25 m. In oostelijke richting bedraagt de afstand tot de 5 cm-verlagingslijn ongeveer 750 m. In de laatste fase van de aanleg is ter plaatse van het gehele (gedeeltelijk opgevulde) kleischerm sprake van een verlaging van de grondwaterstand van ca. 0,45 m. In oostelijke richting bedraagt de afstand tot de 5 cm-verlagingslijn ongeveer 1500 m.

gerbruiksfuncties gebied met grondwaterstandswijzigingen

Binnen het invloedsgebied liggen met name landbouwgronden en bos. In het westelijke, relatief droge deel van het prioritair natuurgebied Ravenvennen (waar zowel de Ravenvennen als het Lommerbroek deel van uitmaken) treedt een verlaging van de grondwaterstand van maximaal 0,15 m op tijdens de aanlegfase. De natte Ravenvennen liggen buiten het invloedsgebied van de verlagingen.

Figuur 7.1. Verlaging van de grondwaterstand in het 1^e en laatste deel van de aanlegfase bij kleischerm Lomm (interval 5 cm, weergegeven gebied 2,5 km bij 3 km)



De effecten tijdens de aanleg zijn eventueel te verkleinen door het oppervlaktewaterpeil in de ontgraven sleuf en boven de reeds aangevulde baggerspecie te verhogen door water vanuit de Maas aan te voeren. Hier is vooralsnog niet vanuit gegaan.

7.2.2 Hydrologische effecten gevuld kleischerm

De hydrologische effecten van het gevulde kleischerm hebben betrekking op de situatie na volledige aanvulling van het kleischerm, dus tot een gemiddelde hoogte van 13,75 m +NAP. Uit de consolidatieberekeningen blijkt dat na consolidatie sprake is van een hydraulische weerstand in de berging van 660.000 dagen. Deze weerstand is ingevoerd door middel van de verticale doorlatendheid. De horizontale doorlatendheid is gelijk gesteld aan de verticale doorlatendheid.

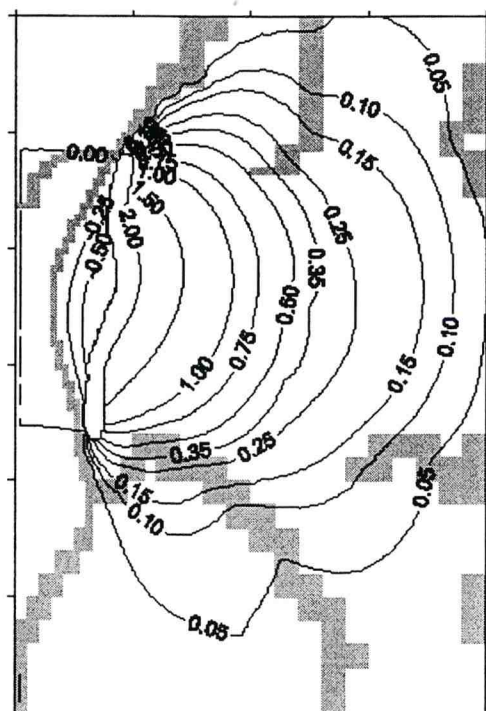
De effecten op de grondwaterstand worden vooral bepaald door de slechte doorlatendheid van de baggerspecie. Het kleischerm sluit het 1^e watervoerende pakket over de gehele hoogte af, over een breedte van ca. 2.400 m, loodrecht op de grondwaterstroming. Dit heeft tot gevolg dat de grondwaterstroming in het 1^e watervoerende pakket (ca. 4.000 m³/dag) door het kleischerm wordt geblokkeerd. Aan de bovenstroomse zijde van het kleischerm ontstaat hierdoor een opstuwing van het grondwater, waarbij het grondwater langs het kleischerm in noordelijke en in zuidelijke richting wegstroomt naar de Maas.

In figuur 7.2 zijn de effecten van het gevulde kleischerm op de grondwaterstand te zien. De opstuwing direct ten oosten van het kleischerm bedraagt ongeveer 2 m. Op een afstand van ca. 1 km is de opstuwing nog 0,75 m, op 2 km afstand is de opstuwing ca. 0,15 m. De afstand tot de 5 cm-verhogingslijn is ongeveer 3 km. Tussen het kleischerm en de Maas treedt een verlaging van de grondwaterstand op van maximaal 1 m. De grondwaterstand ligt in dit gebied na de uitvoering rond 12 m +NAP, iets hoger dan het Maaspeil ter plaatse.

gebruiksfuncties

Het gebied waar een verhoging van de grondwaterstand optreedt wordt ten dele voor de landbouw (glastuinbouw) gebruikt (korte afstand van het kleischerm). Verder komt er bos en voor in het gebied met verhogingen van de grondwaterstand: in het gebied Ravenvennen wordt een verhoging van 0,05 à 0,1 m verwacht, terwijl in het gebied Lommerbroek een verhoging van 0,05 à 0,25 meter wordt verwacht.

Figuur 7.2. Verhoging van de grondwaterstand bij gevulde berging, Lomm (weergegeven gebied 4 km bij 6 km)



7.3 Emissie en verspreiding naar grondwater

7.3.1 Kwaliteit van de gestorte grond

De kwaliteit van het poriewater is bepaald aan de hand van de maatgevende concentratie van de gestorte grond, alsmede stofkenmerken (K_{oc}) en het organisch koolstofgehalte (f_{oc}). In tabel 7.2 zijn de resultaten weergegeven. Hierbij is tevens de toets op de overschrijding van de streefwaarde opgenomen volgens stap 1 van het BvB.

Tabel 7.2. Kwaliteit grond en toetsing poriewaterconcentratie bij Lomm

	Maatg. Conc. (mg/kg)	log K_{oc}	f_{oc} specie (-)	totaal opgelost (mg/m ³)	streefwaarde (mg/m ³)	overschrij- ding	factor
naftaleen	0,08	3,18	0,027	1,96	0,1	ja	20
fenantreen	0,14	4,56	0,027	0,14	0,02	ja	7
fluorantheen	0,23	4,98	0,027	0,09	0,005	ja	18

Zoals uit deze tabel blijkt, is de concentratie van verontreinigingen in het poriewater hoger dan de streefwaarde. Hiermee wordt niet voldaan aan stap 1 uit het BvB.

De verspreidingsberekeningen zijn uitgevoerd voor de meest kritische stof. Deze meest kritische stof is gedefinieerd als die stof waarvoor het quotiënt van de overschrijding van de streefwaarde en de retardatie van het watervoerende pakket waarin het depot ligt, het hoogst is. In tabel 7.3 zijn deze quotiënten opgenomen. Uitgegaan is van een organisch stofgehalte van het eerste watervoerende pakket van 1% (organisch koolstofgehalte 0,5%).

Tabel 7.3. Bepaling van de kritische verontreiniging

	totaal opgelost (mg/m ³)	streefwaarde (mg/m ³)	overschrijding	f _{oc} wvp (-)	Retardatie	overschrijding / R
naftaleen	1,96	0,1	20	0,005	52	0,37
fenantreen	0,14	0,02	7	0,005	1235	0,006
fluorantheen	0,09	0,005	18	0,005	3248	0,005

Uit deze tabel volgt dat naftaleen de meest kritische stof is.

Zoals in hoofdstuk 3 is toegelicht, treedt de emissie en de verspreiding van verontreinigingen naar het grondwater voor het grootste deel op tijdens het eerste deel van de nazorgfase. Tijdens het consolideren (zetten) van de baggerspecie wordt het porievolume van de baggerspecie kleiner, waardoor het verontreinigde poriewater naar buiten treedt. Het uittreden van het poriewater wordt levert een consolidatieflux. De consolidatieflux is uiteraard het hoogst direct na het storten en neemt daarna af, uiteindelijk tot vrijwel 0. Berekeningen aan de consolidatieflux worden beschreven in een aparte rapportage. Bij de berekening van de consolidatieflux is onderscheid gemaakt in de flux die opwaarts gericht is en aan maaiveld uittreedt of in het oppervlaktewater (open water of drainagesysteem) terecht komt, en de flux die neerwaarts gericht is naar het grondwater.

In het onderhavige geval zal tijdens de aanlegfase van het kleischerm (ca. 3 jaar) boven de aangebrachte baggerspecie open water aanwezig zijn. Aangenomen is dat in deze periode alleen de neerwaarts gerichte consolidatieflux aan het grondwater ten goede komt. De opwaarts gerichte consolidatieflux komt in het open water terecht en wordt afgevoerd naar de Maas (zie par. 7.4). Na afwerking van het kleischerm is er echter geen open water meer boven de baggerspecie. Daarom is aangenomen dat na de aanlegfase de gehele consolidatieflux (opwaarts én neerwaarts gericht) in het grondwater terecht komt.

7.3.2 Variant 1

Variant 1 heeft een bergingsvolume van 2.590.000 m³. De resultaten van de emissieberekeningen zijn vermeld in onderstaande tabel 7.4. Uit de tabel volgt dat niet wordt voldaan aan stap 2 uit het BvB.

Tabel 7.4. Emissie van verontreinigingen bij variant 1, Lomm

	100 jaar (mg/ha/jaar)	250 jaar (mg/ha/jaar)	1.000 jaar (mg/ha/jaar)	toelaatbare flux (mg/ha/jaar)
naftaleen	1.359	912	581	200
fenantreen	100	67	43	40
fluorantheen	62	42	27	10

Vervolgens is het beïnvloed volume na 10.000 jaar berekend. In tabel 7.5 is af te lezen dat het beïnvloed volume na 10.000 jaar beduidend kleiner is dan het depotvolume.

Tabel 7.5. Beïnvloed volume na 10.000 jaar bij variant 1, Lomm

	volume hoogwatergeul (m ³)	beïnvloed volume na 10.000 jaar (m ³)	verhouding (%)
naftaleen	2.590.000	126.050	5 %

De oorzaak van het lage volume dat is verontreinigd na 10.000 jaar ligt in een combinatie van de relatief geringe verontreiniging van de weerdgrond die bij Lomm geborgen zal worden (naftaleen slechts 20 maal de streefwaarde, bij Well-Aijen bijvoorbeeld 40 maal de streefwaarde), de hoge

stroomsnelheden van het grondwater stroomopwaarts van het kleischerm en de sterke kwel die optreedt in het gebied tussen de hoogwatergeul en de Maas. In het volgende wordt dit nader toegelicht.

- Door de relatief geringe verontreiniging wordt door verdunning het gehalte in het grondwater buiten het depot al snel verlaagd tot onder de streefwaarde. Bij een gevoeligheidsberekening waarbij het gehalte in het poriewater verhoogd werd tot 5 mg/m³ (50* streefwaarde, 2,5* het gehalte bij Lomm), nam het beïnvloed volume toe tot ongeveer 35%, dus 7 maal het beïnvloed volume dat voor de normale situatie berekend wordt. Hieruit volgt dat in dit geval verdunning een belangrijke oorzaak is voor het geringe beïnvloed volume.
- Stroomopwaarts (oostelijk) van het kleischerm is er als gevolg van de afsluitende werking van het kleischerm sprake van hoge snelheden in het grondwater om het kleischerm heen, in de richting van de Maas. Uit de berekeningen blijkt dat het water dat aan de oostzijde van het kleischerm uit het kleischerm treedt, binnen enkele jaren de Maas bereikt. Een ophoping van de verontreiniging buiten het kleischerm treedt dan nauwelijks op, de verontreiniging wordt direct meegevoerd naar de Maas. Oostelijk van het kleischerm ontstaat derhalve nauwelijks een volume grondwater dat tot boven de streefwaarde verontreinigd is (evenals bij de andere bergingslocaties aan de niet-rivierzijde).
- Tussen het kleischerm en de Maas is de snelheid van het grondwater laag. Wel is er volgens de modelberekeningen sprake van een relatief grote kwel vanuit het 2^e watervoerende pakket. In dit pakket wordt een stijghoogte van 15 à 16 m +NAP berekend. In het freatische pakket wordt de grondwaterstand tussen de Maas en het kleischerm vrijwel gelijk aan het Maaspeil, ca. 12,2 m +NAP. Dit heeft een kweldruk van ca. 3,5 m tot gevolg. De weerstand van de Venlo Klei wordt ter plaatse op ca. 3.000 dagen geschat, hetgeen resulteert in een kwel van ca. 1,2 mm/d. Deze kweldruk, in combinatie met het neerslagoverschot, heeft tot gevolg dat het uit het kleischerm tredende verontreinigde poriewater wordt verdund. Bij een gevoeligheidsberekening waarbij de kweldruk gereduceerd is tot ca. 0,35 m, en de kwel dus tot ca. 0,12 m/d, is een beïnvloed volume van ca. 340.000 m³ berekend, ca. 13% van het depotvolume. Zoals bij de calibratie is toegelicht, is de grootte van de kwel ter plaatse van de hoogwatergeul niet bekend. Het beïnvloed volume ligt tussen 5% en 13%, afhankelijk van de werkelijke grootte van de kwel. Door ter plaatse van de locatie enkele peilbuizen te plaatsen is hieromtrent meer zekerheid te verkrijgen.
- Tenslotte rust de onderzijde van het kleischerm op een slecht doorlatende laag (Venlo klei). De verticale verspreiding van verontreinigingen is hierdoor gering.

7.3.3 Variant 1 met gescheiden berging

Naast de 'gewone' variant 1 is tevens een variant met gescheiden berging doorgerekend. Hierbij is de klasse 3/4 grond (721.000 m³) als aparte laag aangebracht tussen lagen met klasse 0/1/2 weerdgrond. De dikte van de laag klasse 3/4 weerdgrond is afhankelijk van de diepte waarop deze laag wordt aangebracht. In het onderhavige geval is de laag aangebracht tussen 9,10 m NAP en 5,05 m NAP. Boven deze laag is een laag klasse 0/1/2 weerdgrond met een dikte van 4,65 m aanwezig (volume ca. 1.110.000 m³). Onder de klasse 3/4 weerdgrond ligt een laag klasse 0/1/2 weerdgrond met laagdikte van 10,05 m (volume ca. 759.000 m³).

De kwaliteit van het poriewater is bepaald aan de hand van de maatgevende concentratie van de baggerspecie, alsmede stofkenmerken (K_{oc}) en het organisch koolstofgehalte (f_{oc}). In tabel 7.6 zijn de resultaten weergegeven. Hierbij is tevens de toets op de overschrijding van de streefwaarde opgenomen volgens stap 1 van het BvB.

Tabel 7.6. Kwaliteit grond en toetsing poriewaterconcentratie bij gescheiden berging

	Maatg. conc. (mg/kg)	log K_{oc}	f_{oc} (-)	totaal opgelost (mg/m ³)	streef- waarde (mg/m ³)	overschrij- ding	factor
klasse 0 / 1 / 2							
naftaleen	0,01	3,18	0,027	0,24	0,1	ja	2,4
fenantreen	0,01	4,56	0,027	0,01	0,02	neen	-
fluorantheen	0,02	4,98	0,027	0,01	0,005	ja	1,6
klasse 3 / 4							
naftaleen	0,28	3,18	0,027	6,85	0,1	ja	69

fenantreen	0,47	4,56	0,027	0,48	0,02	ja	24
fluorantheen	0,78	4,98	0,027	0,30	0,005	ja	61

Zoals deze tabel blijkt, is de concentratie van verontreinigingen in het poriewater hoger dan de streefwaarde, met uitzondering van fenantreen bij de klasse 0/1/2 weerdgrond. Hiermee wordt niet voldaan aan stap 1 uit het BvB.

De resultaten van de emissieberekeningen zijn vermeld in onderstaande tabel 7.7. Uit de tabel volgt dat niet wordt voldaan aan stap 2 uit het BvB. Toch is sprake van een aanzienlijke beperking van de emissie over de beschouwde perioden bij het gescheiden berging in vergelijking met het niet gescheiden bergen (vergelijk met tabel 7.4). Dit is het gevolg van de isolerende werking van het klasse 0/1/2 materiaal. Het poriewater uit de klasse 3/4 weerdgrond moet namelijk eerst door een laag van klasse 0/1/2 van 10 meter dik, alvorens het aan de onderzijde van het depot kan uittreden naar het grondwater (zie figuur 7.3). Uiteraard kan het poriewater uit het klasse 3 /4 materiaal wel direct uit het talud treden, maar dit betreft slechts een gering oppervlak (zie verschil tussen horizontale en verticale afmetingen in figuur 7.3).

Tabel 7.7. Emissie van verontreinigingen bij gescheiden berging, Lomm

	100 jaar (mg/ha/jaar)	250 jaar (mg/ha/jaar)	1.000 jaar (mg/ha/jaar)	toelaatbare flux (mg/ha/jaar)
naftaleen	324	199	138	200
fenantreen	24	15	10	40
fluorantheen	15	9	6	10

Vervolgens is het beïnvloed volume na 10.000 jaar berekend. In tabel 7.8 is te zien dat, evenals bij de variant zonder gescheiden berging, na 10.000 jaar buiten de bergingslocatie de streefwaarde niet wordt overschreden.

Tabel 7.8. Beïnvloed volume na 10.000 jaar bij gescheiden berging, Lomm

	volume bergingslocatie (m ³)	beïnvloed volume na 10.000 jaar (m ³)	verhouding (%)
naftaleen	2.590.000	0	0%

Uitloging verontreiniging vanuit bergingslocatie

Uit de berekening van de emissie en van het verontreinigde volume kan de indruk ontstaan dat een belangrijk deel van de vracht uit de bergingslocaties is uitgeloopt. Om deze getallen in het juiste perspectief te plaatsen, is in tabel 7.9 de uitloging van naftaleen na 100, 250 en 1.000 jaar opgenomen. Zichtbaar is dat bij beide varianten na 1.000 jaar nog meer dan 95% van de oorspronkelijke vracht in de bergingslocatie aanwezig is.

Tabel 7.9. Uitgeloopte vracht naftaleen vanuit bergingslocatie Lomm

	variant 1	variant 1 met gescheiden berging
100 jaar	0,9%	0,2%
250 jaar	1,5%	0,3%
1.000 jaar	3,9%	0,9%

7.3.4 Beïnvloeding grondwaterwinningen

In de directe omgeving van de bergingslocatie Lomm zijn geen grondwaterwinningen ten behoeve van drinkwater aanwezig. Pompstation Hanik ligt op een afstand van ongeveer 5 km in noordoostelijke richting vanaf Lomm. Aan de westzijde van de Maas ligt PS Houthuizen, ongeveer 2 km ten westen van de bergingslocatie.

Het grondwater stroomt in deze regio naar de (drainerende) Maas. Ter plaatse van het relatief hoog gelegen pompstation Hanik is er sprake van een infiltratiesituatie, in de omgeving van het kleischerm Lomm is er een kwelsituatie. Door de sterk drainerende werking van de Maas zullen de verontreinigingen niet onder de Maas door verplaatst worden, maar in de Maas terecht komen.

Gezien de afstand tussen de bergingslocatie en de pompstations en het verspreidingspatroon van de verontreinigingen, kan worden uitgesloten dat verontreinigingen vanuit de bergingslocatie PS Hanik of PS Houthuizen zullen bereiken.

7.4 Emissie naar het oppervlaktewater

7.4.1 Vulfase

De specie wordt hydraulisch gestort. Aangenomen is dat hiervoor een rechte pijp boven water wordt gebruikt. Bij deze methode gaat ca. 4% van de droge stof in suspensie (Referentie Ontwerp Open Putten). Door desorptie gaat een deel van de aan de specie gebonden verontreiniging in oplossing. De hoogwatergeul Lomm staat niet in open verbinding met de Maas. Tijdens de stortfase zal er wel oppervlaktewater boven de baggerspecie staan. De grond wordt via persleidingen in de geul gebracht. Hetzelfde volume aan water moet worden afgevoerd om een gelijkblijvend peil te houden (retourwater). Dit retourwater zal naar de Maas worden afgevoerd. Via het retourwater kan de verontreiniging de Maas bereiken.

In tabel 7.10 is de vracht die tijdens de vulperiode (3 jaar) jaarlijks de Maas bereikt aangegeven, zowel in mg/jaar als relatief ten opzichte van de normale vracht in de Maas.

Tabel 7.10. Emissie naar de Maas tijdens vulfase, Lomm

	variant 1	
	vracht (mg/jaar)	bijdrage aan Maas (%)
naftaleen	9.600	0,001%
fenantreen	700	0,000%
fluorantheen	400	0,000%

7.4.2 Nazorgfase

Uittreden van poriewater

Als gevolg van consolidatie treedt (verontreinigd) poriewater uit. De opwaartse flux komt tijdens de vulperiode direct in oppervlaktewater terecht en vervolgens in de Maas. Zoals hiervoor is aangegeven, is er tijdens de stortfase een uitwisseling van het oppervlaktewater met de Maas via het retourwater. In vergelijking met de uitwisseling die bij een depot met open verbinding plaatsvindt, is de uitwisseling in dit geval relatief beperkt. Indien aangenomen wordt dat per m³ grond die aangevuld wordt ook 1 m³ water verpompt wordt, is de uitwisseling met de Maas ca. 900.000 m³ per jaar. Dit is ongeveer het tienvoudige van het volume poriewater dat door de consolidatie in het oppervlaktewater komt. De

vracht die met het poriewater in het oppervlaktewater boven de specie komt, kan dus gemakkelijk worden afgevoerd naar de Maas. Er is als gevolg van deze uitwisseling van water dus geen verhoging van het gehalte aan verontreinigingen in het oppervlaktewater te verwachten.

De vracht die tijdens de stortfase door uittredend poriewater in de Maas komt en de bijdrage aan de normale vracht in de Maas, zijn opgenomen in tabel 7.11. Na de opgenomen 3 jaar is er geen verbinding meer met de Maas via oppervlaktewater.

Bij de modelberekening met MODFLOW is de opwaartse flux ná de stortfase toegevoegd aan de neerwaartse flux. Het uittredende poriewater en de verontreiniging hierin komt dus in het grondwater.

Tabel 7.11. Emissie naftaleen naar de Maas door uittredend poriewater, Lomm

	1 ^e jaar	2 ^e jaar	3 ^e jaar
vracht naftaleen (mg/jaar)	211.700	165.300	84.800
bijdrage aan Maas (%)	0,027%	0,021%	0,012%

Verspreiding via grondwater

Daarnaast zal via het grondwater verontreiniging de Maas bereiken. Uit de MT3D berekeningen is de grootte van deze emissie bepaald. In tabel 7.12 is de emissie van naftaleen via het grondwater naar de Maas opgenomen, zowel in kg als relatief ten opzichte van de normale vracht in de Maas.

Tabel 7.12. Emissie naftaleen naar de Maas via het grondwater, Lomm

periode (jaar)	variant 1			variant 1 met gescheiden berging		
	vracht periode (kg)	vracht (mg/jaar)	bijdrage aan Maas (%)	vracht periode (kg)	vracht (mg/jaar)	bijdrage aan Maas (%)
0-100	0,49	4.900	0,001%	0,10	1.000	0,000%
100-250	1,19	7.930	0,001%	0,21	1.400	0,000%
250-1.000	6,08	8.100	0,001%	1,12	1.490	0,000%
1.000-10.000	32,0	3.560	0,000%	11,0	1.220	0,000%

Uit de tabel blijkt dat de emissie naar de Maas een traag proces is. In de periode 100-250 jaar en 250-1.000 jaar is de bijdrage aan de Maas ongeveer even groot, daarna neemt de bijdrage weer af. Bij de gescheiden berging is de emissie veel kleiner dan bij de ongescheiden berging.

8. Bergingslocatie Asseltse Plassen Zuid

De Asseltse Plassen Zuid zijn door zand- en grindwinning gecreëerde diepe plassen. De plassen liggen ten noorden van Roermond, ter hoogte van Maaskilometer 85 tot 87. In het zuidoostelijke deel van de plassen is de bergingslocatie gepland. De zand- en grindwinning in dit gebied vindt nog plaats tot september 2003.

Bij variant 1 wordt het zuidoostelijke (diepe) deel van de plassen gevuld met 2 mln. m³ weerdgrond. De onderkant van de plas ligt op ca. 16 m -NAP, de bovenkant van de weerdgrond komt op 1 m -NAP. Bij variant 2 wordt 5 mln. m³ weerdgrond aangebracht. De bovenkant van de weerdgrond komt dan op NAP +11 m. Bij beide varianten blijft de bergingslocatie ruimschoots onder water: het peil van de Asseltse Plassen is 14,6 m +NAP. Principeschetsen van deze bergingslocatie zijn opgenomen in bijlage 1. In het PvE wordt de bergingslocatie nader beschreven.

8.1 Modellerings

8.1.1 Beschrijving model

Het model is opgesteld en gecalibreerd ten behoeve van de Trajectnota/MER Zandmaas/Maasroute. Het modelgebied is rechthoekig en wordt begrensd door de coördinaten $x = 188.000$ en $y = 349.000$ (zuidwesten) en $x = 202.000$ en $y = 365.000$ (noordoosten).

De celgrootte is over het algemeen 200x200 m. In de directe omgeving van het depot is de celgrootte verfijnd tot 50x50 m.

In verticale richting is het model opgesplitst in 14 lagen. De 1^e modellaag vormt de deklaag. De modellagen 2 t/m 14 vormen de formaties van Veghel, Sterksel en Kedichem. De baggerspecie wordt in de modellagen 2 t/m 9 aangebracht. De Bovenste Brunssum Klei wordt binnen dit onderzoek als geohydrologische basis beschouwd.

De geohydrologische situatie en de modelschematisatie bij de Asseltse Plassen Zuid zijn weergegeven in tabel 8.1. In het model is de Kiezeloooliet Formatie als geohydrologische basis beschouwd.

Tabel 8.1. Schematisatie van de ondergrond bij Asseltse Plassen.

Formatie	diepte (m NAP)	lithografie	doorlatendheid (m/d)	schematisatie	modellaag
Nuenen Groep	+17 tot +15	fijn zand, leem en klei	2	deklaag	1
Formatie van Veghel	+15 tot +4	grof zand en grind	160	WVP 1	2
Formatie van Sterksel	+4 tot -23	grof zand	10-25	WVP 1	3-11
Formatie van Kedichem	-23 tot -75	zand	20	WVP 1	12-14
Kiezeloooliet: Bovenste Brunssum Klei Zanden van Peij Onderste Brunssum Klei Zanden van Waubach	-75 tot -150	klei zand klei zand	-	SDL1 WVP2 SDL2 WVP3	-
Formatie van Breda	vanaf -150	fijn zand en klei		basis	

Deklaag

In de Roerdalslenk bevindt zich aan maaiveld een matig goed doorlatende deklaag. Deze bestaat uit fijne zanden, afgewisseld met leemlaagjes of -lenzen van de Formatie van Twente, behorend tot de Nuenengroep. De dikte van de deklaag varieert in het modelgebied tussen 0 en 15 m. In het Maasdal is de deklaag dunner (< 10 m) dan op de Maasflanken (10 à 15 m). Tussen Roermond en Linne is de deklaag dun of ontbreekt. In de omgeving van de Asseltse Plassen heeft de deklaag een dikte van 2 à 10 meter. De doorlatendheid (k-waarde) is 2 m/d.

Watervoerend pakket 1

Onder de deklaag bevindt zich het eerste watervoerend pakket dat bestaat uit een grindpakket met een dikte van 11 à 13 m. Het grindpakket behoort tot de Formatie van Veghel.

Onder de Formatie van Veghel bevinden zich afzettingen van de Formatie van Kedichem en Sterksel. De dikte van deze twee formaties bedraagt ongeveer 80 m.

- De formatie van Veghel is als een aparte watervoerende laag gemodelleerd (modellaag 2). De dikte varieert van ca. 11 meter nabij de Asseltse plassen tot ca. 20 meter ten zuiden van de Lus van Linne. De doorlatendheid (k-waarde) bedraagt 160 m/d.
- Het grindpakket rust op grove grindhoudende zanden van de formatie van Sterksel met een dikte van 20 meter. Tussen de grove grindhoudende zanden komen fijnere lagen voor (nabij de Asseltse Plassen). De doorlatendheid van deze lagen (modellagen 3-11) ligt tussen 10 en 25 m/d.
- Onder de Formatie van Sterksel, op ca. 35 a 45 meter beneden maaiveld (ca 20 m -NAP tot 25 m -NAP), ligt de bovenzijde van de Formatie van Kedichem met overwegend matig grove zanden (modellagen 12-14). Deze reiken tot een diepte van ca. 95 m -mv., waar zich de klei en bruinkoollagen bevinden die als hydrologische basis voor de huidige studie is beschouwd. De doorlatendheid van de Formatie van Kedichem bedraagt ca. 20 m/d.

Slecht doorlatende laag 1 en 2, watervoerend pakket 2 en 3

Onder deze formaties bevinden zich van boven naar beneden de Bovenste Brunssum klei, de zanden van Pey, de onderste Brunssum klei en de zanden van Waubach. De Brunssum klei is voornamelijk opgebouwd uit zware klei en bruinkool. Deze pakketten behoren tot de Kiezeloooliet Formatie. De bovenste Brunssum klei heeft nabij de Maas een dikte van meer dan 50 meter. De top ligt op een diepte van 75 m -NAP tot 150 m -NAP. In het model zijn deze lagen niet meer meegenomen.

Geohydrologische basis

De Formatie van Breda is de geohydrologische basis. De top hiervan ligt op 200 à 400 m -NAP.

Neerslag

Er is een neerslagoverschot ingevoerd van 0,65 mm/dag (235 mm/jaar). Ter plaatse van de Asseltse Plassen wordt geen neerslagoverschot ingevoerd. Het betreft hier immers oppervlaktewater, waardoor neerslag hier niet aan het grondwater wordt toegevoegd, maar direct wordt afgevoerd naar de Maas.

Randvoorwaarden

Aan de randen van het modelgebied zijn vaste stijghoogten ingevoerd.

Peelrandbreuk

De Peelrandbreuk ligt op een afstand van ruim 1 km ten noordoosten van de Asseltse Plassen. De breuk is geohydrologisch ondoorlatend. Dit is in het model gebracht door de cellen aan de andere zijde van de breuk inactief te maken.

8.1.2 Calibratie

Het beschikbare model was reeds gecalibreerd (Trajectnota/MER Zandmaas/Maasroute).

8.1.3 Referentiesituatie

De referentiesituatie komt overeen met de situatie die ontstaan zal zijn na oplevering van de plas door de ontgronder. Dit houdt in dat de maximaal ontstane plas al weer ten dele is opgevuld met slecht doorlatende weerdgrond, conform de ontgrondingsvergunning.

Op basis van de gegevens die voor de andere bergingslocaties in deze studie zijn verzameld, is de hydraulische weerstand van de grond die door de ontgronder wordt aangebracht geschat op ca. 10.000 d/m. De weerstand van de weerdgrond die voor de bergingslocatie wordt gebruikt, is berekend op ca. 20.000 d/m (zie achtergrondrapport Consolidatie).

Het Maaspeil en daarmee het peil in de Asseltse Plassen wijzigt niet ten opzichte van de huidige situatie (14,60 m +NAP bij een afvoer van 250 m³/s).

Ten gevolge van deze gedeeltelijke opvulling ontstaat vlakbij de plas (m.n. aan de zuidkant) een opstuwing van het grondwater met maximaal 0,75 m. Dit effect dooft binnen ca. 500 m uit tot ca. 0,1 m.

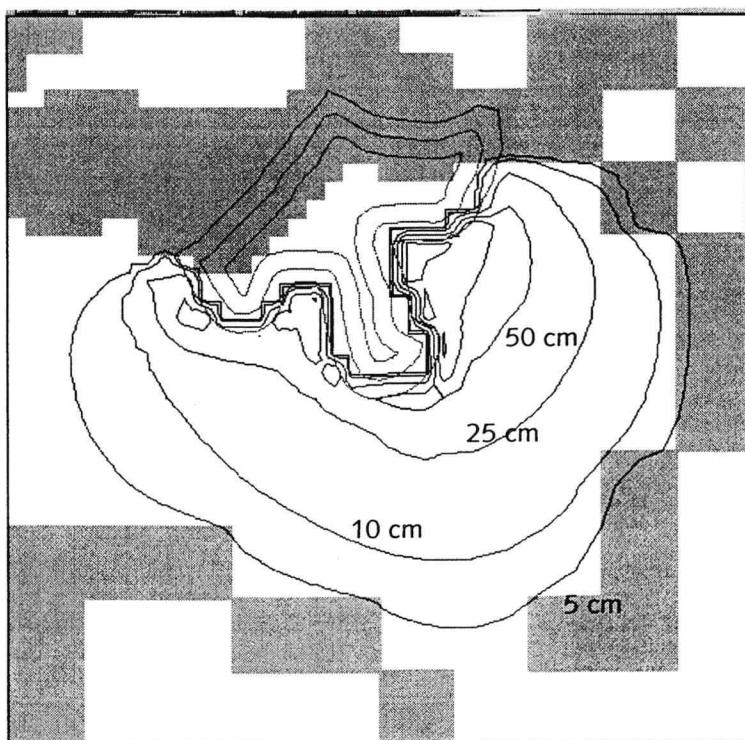
8.2 Hydrologische effecten ingreep

8.2.1 Hydrologische effecten gevulde bergingslocatie

De hydrologische effecten zijn bepaald ten opzichte van de situatie die ontstaan is na oplevering van de plas door de ontgronder (referentiesituatie).

In figuur 8.1 zijn de verhogingen van het grondwater weergegeven voor variant 2 (bergingsvolume 5 mln. m³). De maximale verhoging van de grondwaterstand is ongeveer 1,0 m, op korte afstand van het depot. De verhogingen nemen snel af, op een afstand van ca. 400 m is nog slechts 25 cm verhoging over, de 5 cm-lijn bevindt zich op ca. 600 m afstand. Binnen het invloedsgebied bevindt zich het natuurgebied De Vuilbemden.

Figuur 8.1. Verhoging grondwaterstand bij gevulde bergingslocatie bij Asseltse Plassen Zuid variant 2 (lijnen 5, 10 en 25 cm, verder interval 25 cm, weergegeven gebied 2 km bij 2 km)



8.3 Emissie en verspreiding naar grondwater

8.3.1 Kwaliteit van de te storten grond bij variant 1

De kwaliteit van het poriewater is bepaald aan de hand van de maatgevende concentratie van de baggerspecie, alsmede stofkenmerken (K_{oc}) en het organisch koolstofgehalte (f_{oc}). In tabel 8.2 zijn de resultaten weergegeven voor variant 1. Hierbij is tevens de toets op de overschrijding van de streefwaarde opgenomen volgens stap 1 van het BvB.

Tabel 8.2. Kwaliteit grond en toetsing poriewaterconcentratie bij Asseltse Plassen Zuid variant 1

	Maatg. conc. (mg/kg)	log K_{oc}	f_{oc} specie (-)	totaal opgelost (mg/m ³)	streefwaarde (mg/m ³)	overschrijding	factor
naftaleen	0,06	3,18	0,010	4,17	0,1	ja	42
fenantreen	0,11	4,56	0,010	0,32	0,02	ja	16
fluorantheen	0,17	4,98	0,010	0,19	0,005	ja	38

Zoals deze tabel blijkt, is de concentratie van verontreinigingen in het poriewater hoger dan de streefwaarde. Hiermee wordt niet voldaan aan stap 1 uit het BvB.

De verspreidingsberekeningen zijn uitgevoerd voor de meest kritische stof. Deze meest kritische stof is gedefinieerd als die stof waarvoor het quotiënt van de overschrijding van de streefwaarde en de retardatie van het watervoerende pakket waarin het depot ligt, het hoogst is. In tabel 8.3 zijn deze quotiënten opgenomen. Uitgegaan is van een organisch stofgehalte van het eerste watervoerende pakket van 1% (organisch koolstofgehalte 0,5%).

Tabel 8.3. Bepaling van de kritische verontreiniging

	totaal opgelost (mg/m ³)	streefwaarde (mg/m ³)	overschrijding	f _{oc} wvp (-)	Retardatie	overschrijding / R
naftaleen	4,17	0,1	42	0,005	52	0,795
fenantreen	0,32	0,02	16	0,005	1235	0,013
fluorantheen	0,19	0,005	38	0,005	3248	0,012

Uit deze tabel volgt dat naftaleen de meest kritische stof is.

Variante 1 heeft een bergingsvolume van 2.000.000 m³. De resultaten van de emissieberekeningen zijn vermeld in tabel 8.4. Uit de tabel volgt dat niet wordt voldaan aan stap 2 uit het BvB.

Tabel 8.4. Emissie van verontreinigingen bij variant 1, Asseltse Plassen

	100 jaar (mg/ha/jaar)	250 jaar (mg/ha/jaar)	1.000 jaar (mg/ha/jaar)	toelaatbare flux (mg/ha/jaar)
naftaleen	1.227	921	706	200
fenantreen	95	71	54	40
fluorantheen	56	42	32	10

Vervolgens is het beïnvloed volume na 10.000 jaar berekend. In tabel 8.5 is te zien dat het tot boven de streefwaarde verontreinigde volume buiten de bergingslocatie na 10.000 jaar kleiner is dan het volume van de bergingslocatie. De bergingslocatie is omringd door open water. De verontreinigingen komen daardoor snel in het oppervlaktewater terecht.

Tabel 8.5. Beïnvloed volume na 10.000 jaar bij variant 1, Asseltse Plassen

	volume bergingslocatie (m ³)	beïnvloed volume na 10.000 jaar (m ³)	verhouding (%)
naftaleen	2.000.000	165.000	8%

8.3.2 Variant 2

Bij variant 2 wordt 5 mln. m³ specie geborgen. De totale vulhoogte is 27 m. De samenstelling van de specie is, doordat een deel van de specie vanaf een andere locatie komt, anders dan bij variant 1.

De kwaliteit van het poriewater is bepaald aan de hand van de maatgevende concentratie van de baggerspecie, alsmede stofkenmerken (K_{oc}) en het organisch koolstofgehalte (f_{oc}). In tabel 8.6 zijn de resultaten weergegeven voor variant 2. Hierbij is tevens de toets op de overschrijding van de streefwaarde opgenomen volgens stap 1 van het BvB.

Tabel 8.6. Kwaliteit grond en toetsing poriewaterconcentratie bij variant 2, Asseltse Plassen

	Maatg. conc. (mg/kg)	log K _{oc}	f _{oc} specie (-)	totaal opgelost (mg/m ³)	streefwaarde (mg/m ³)	overschrijding	factor
naftaleen	0,05	3,18	0,016	2,13	0,1	ja	21
fenantreen	0,16	4,56	0,016	0,28	0,02	ja	14
fluorantheen	0,05	4,98	0,016	0,03	0,005	ja	7

Zoals deze tabel blijkt, is de concentratie van verontreinigingen in het poriewater hoger dan de streefwaarde. Hiermee wordt niet voldaan aan stap 1 uit het BvB.

De resultaten van de emissieberekeningen zijn vermeld in tabel 8.7. Uit de tabel volgt dat voor naftaleen en fluorantheen niet wordt voldaan aan stap 2 uit het BvB. De emissie van fenantreen voldoet wel aan stap 2 uit het BvB.

Tabel 8.7. Emissie van verontreinigingen bij variant 2, Asseltse Plassen

	100 jaar (mg/ha/jaar)	250 jaar (mg/ha/jaar)	1.000 jaar (mg/ha/jaar)	toelaatbare flux (mg/ha/jaar)
naftaleen	309	261	221	200
fenantreen	28	24	20	40
fluorantheen	16	13	11	10

Vervolgens is het beïnvloed volume na 10.000 jaar berekend. In tabel 8.8 is te zien dat het tot boven de streefwaarde verontreinigde volume na 10.000 jaar kleiner is dan het volume van de bergingslocatie.

Tabel 8.8. Beïnvloed volume na 10.000 jaar bij variant 2, Asseltse Plassen

	volume bergingslocatie (m ³)	beïnvloed volume na 10.000 jaar (m ³)	verhouding (%)
naftaleen	5.000.000	157.500	3 %

8.3.3 Variant 2 met gescheiden berging

Naast de 'gewone' variant 2 is tevens een variant met gescheiden berging doorgerekend. Hierbij is de klasse 3/4 weerdgrond (905.000 m³) als aparte laag aangebracht tussen lagen met klasse 0/1/2 grond. De dikte van de laag klasse 3/4 grond is afhankelijk van de diepte waarop deze laag wordt aangebracht. In het onderhavige geval is de laag aangebracht tussen 2,00 m -NAP en 2,35 m +NAP. Boven deze laag is een laag klasse 0/1/2 weerdgrond met een dikte van 7,65 m aanwezig (volume ca. 1.750.000 m³). Onder de klasse 3/4 specie ligt een laag klasse 0/1/2 weerdgrond met laagdikte van 15 m (volume ca. 2.545.000 m³).

De kwaliteit van het poriewater is bepaald aan de hand van de maatgevende concentratie van de gestorte grond, alsmede stofkenmerken (K_{oc}) en het organisch koolstofgehalte (f_{oc}). In tabel 8.9 zijn de resultaten weergegeven. Hierbij is tevens de toets op de overschrijding van de streefwaarde opgenomen volgens stap 1 van het BvB.

Tabel 8.9. Kwaliteit grond en toetsing poriewaterconcentratie bij gescheiden berging, Asseltse Plassen

	Maatg. conc. (mg/kg)	log K_{oc}	f_{oc} (-)	totaal opgelost (mg/m ³)	streef- waarde (mg/m ³)	overschrij- ding	factor
klasse 0 / 1 / 2							
naftaleen	0,02	3,18	0,015	0,91	0,1	ja	9
fenantreen	0,02	4,56	0,015	0,04	0,02	ja	2
fluorantheen	0,02	4,98	0,015	0,01	0,005	ja	3
klasse ¾							
naftaleen	0,23	3,18	0,027	7,07	0,1	ja	71
fenantreen	0,51	4,56	0,027	0,65	0,02	ja	33
fluorantheen	0,80	4,98	0,027	0,39	0,005	ja	78

De resultaten van de emissieberekeningen zijn vermeld in onderstaande tabel 8.10.

Tabel 8.10. Emissie van verontreinigingen bij gescheiden berging, Asseltse Plassen

	100 jaar (mg/ha/jaar)	250 jaar (mg/ha/jaar)	1.000 jaar (mg/ha/jaar)	toelaatbare flux (mg/ha/jaar)
naftaleen	500	262	138	200
fenantreen	46	24	13	40
fluorantheen	26	13	7	10

Uit de tabel volgt dat de emissie na 1.000 jaar voldoet aan stap 2 uit het BvB.

Opvallend is dat de emissie in de periode 0-100 jaar groter is dan bij de ongescheiden berging. Dit wordt mogelijk veroorzaakt door de onregelmatige vorm van het depot, met enkele 'uitlopers'.

Vervolgens is het beïnvloed volume na 10.000 jaar berekend. In tabel 8.11 is te zien dat na 10.000 jaar een beperkt volume tot boven de streefwaarde verontreinigd is. Dit wordt veroorzaakt door het geringe bodemvolume tussen het depot en het oppervlaktewater.

Tabel 8.11. Beïnvloed volume na 10.000 jaar bij gescheiden berging, Asseltse Plassen

	volume bergingslocatie (m ³)	beïnvloed volume na 10.000 jaar (m ³)	verhouding (%)
naftaleen	5.000.000	75.000	2 %

8.3.4 Verontreinigde waterbodem

In principe zullen de Asseltse Plassen Zuid direct nadat de ontgrondingen zijn uitgevoerd, worden gevuld. De uitgangssituatie is dan ook een depot zonder sliblaag op de bodem. Om de gevoeligheid van een eventuele sliblaag te onderzoeken, is tevens een variant doorgerekend waarbij uit is gegaan van een verontreinigde sliblaag die reeds op de bodem van de plas aanwezig is. De verontreiniging van deze sliblaag is gelijk aan die van de sliblaag die er momenteel ligt, deze is aangegeven in tabel 8.12.

Tabel 8.12. Kwaliteit grond en toetsing poriewaterconcentratie in de verontreinigde waterbodem

	Maatg. conc. (mg/kg)	log K _{oc}	f _{oc} slib (-)	totaal opgelost (mg/m ³)	streefwaarde (mg/m ³)	overschrij- ding	factor
naftaleen	0,42	3,18	0,034	17,9	0,1	ja	197
fenantreen	0,61	4,56	0,034	1,08	0,02	ja	54
fluorantheen	1,01	4,98	0,034	0,68	0,005	ja	136

De resultaten van de emissieberekeningen zijn vermeld in tabel 8.13. Bij de bepaling van de emissie is ervan uitgegaan dat de sliblaag waar specie op gedeponeerd wordt bij de inrichting van het depot, onderdeel uitmaakt van het depot. Bij de aangehouden schematisatie en een aangenomen dikte van de sliblaag van ca. 3 m omvat dit ca. 0,9 mln. m³ slib, aanvullend op de 5 mln. m³ weerddgrond.

Tabel 8.13. Emissie van verontreinigingen met verontreinigde waterbodem, Asseltse Plassen

	100 jaar (mg/ha/jaar)	250 jaar (mg/ha/jaar)	1.000 jaar (mg/ha/jaar)	toelaatbare flux (mg/ha/jaar)
naftaleen	14.706	6.475	2.199	200
fenantreen	1.357	597	203	40
fluorantheen	750	330	112	10

Zoals zichtbaar is de emissie bijzonder groot als gevolg van de verontreinigde waterbodem. Het verdient derhalve aanbeveling voordat er daadwerkelijk gestort wordt na te gaan of er een sliblaag aanwezig is.

Uitloging verontreiniging vanuit bergingslocatie

Uit de berekening van de emissie en van het verontreinigde volume kan de indruk ontstaan dat een belangrijk deel van de vracht uit de bergingslocaties is uitgelooft. Om deze getallen in het juiste perspectief te plaatsen, is in tabel 8.14 de uitloging van naftaleen na 100, 250 en 1.000 jaar opgenomen. Zichtbaar is dat bij alle varianten na 1.000 jaar nog ca. 95% of meer van de oorspronkelijke vracht in de bergingslocatie aanwezig is.

Tabel 8.14. Uitgelooft vracht naftaleen vanuit bergingslocatie Asseltse Plassen Zuid

	variant 1	variant 2	variant 2 met gescheiden berging
100 jaar	1,0%	0,3%	0,3%
250 jaar	1,8%	0,6%	0,5%
1.000 jaar	5,6%	2,1%	1,2%

8.3.5 Beïnvloeding grondwaterwinningen ten behoeve van drinkwater

In de directe omgeving van de bergingslocatie Asseltse Plassen Zuid ligt waterwinning Asselt. De onttrekking van dit pompstation vindt plaats uit de diep gelegen watervoerende lagen onder de Bovenste Brunssum Klei. Uit de verspreidingsberekeningen is gebleken dat de verontreinigingen uitsluitend in het bovenste gedeelte van het 1^e watervoerende pakket komen. Een beïnvloeding van deze winning is daarom uit te sluiten.

Pompstation Herten ligt op een afstand van ongeveer 5 km in zuid-zuidwestelijke richting vanaf Asseltse Plassen Zuid. De verontreinigingen verplaatsen zich in de richting van de Maas. Een beïnvloeding van PS Herten is vanwege het stromingspatroon en de afstand tot de winning eveneens uit te sluiten.

8.4 Emissie naar het oppervlaktewater

8.4.1 Vulfase

De weerdgrond wordt gestort door middel van onderlossers. Bij deze methode gaat 1,5-4,5% van de droge stof in suspensie. In het volgende is uitgegaan van een gemiddelde suspensie van 3%. Door desorptie gaat een deel van de aan de specie gebonden verontreiniging in oplossing. Deze verontreiniging kan vervolgens via de Asseltse Plassen Zuid de Maas bereiken.

In tabel 8.15 is de vracht die tijdens de stortfase (variant 1: 3 jaar, variant 2: 5 jaar) jaarlijks de Maas bereikt aangegeven, zowel in mg/jaar als relatief ten opzichte van de normale vracht in de Maas.

Tabel 8.15. Emissie naar de Maas tijdens vulfase, Asseltse Plassen

	variant 1		variant 2	
	vracht (mg/jaar)	bijdrage aan Maas (%)	vracht (mg/jaar)	bijdrage aan Maas (%)
naftaleen	15.800	0,002%	10.100	0,001%
fenantreen	1.200	0,001%	900	0,001%
fluorantheen	700	0,000%	500	0,000%

8.4.2 Nazorgfase

Uittreden van poriewater

Als gevolg van consolidatie treedt (verontreinigd) poriewater uit. De opwaartse flux komt direct in oppervlaktewater terecht. De opwaartse consolidatieflux komt in het oppervlaktewater boven de specie. De bergingslocatie Asseltse Plassen staat via de plassen in open verbinding met de Maas, zodat de verontreiniging door de uitwisseling de Maas kan bereiken.

Zoals in hoofdstuk 3 is aangegeven, blijkt deze uitwisseling met de Maas ca. 2 m³/s = 60 mln m³/jaar te bedragen. Dit is een factor 300 groter dan het volume aan uittredend poriewater (ca. 200.000 m³/jaar). Dit heeft tot gevolg dat het oppervlaktewater boven de specie dezelfde kwaliteit heeft als het Maaswater.

Gezien het zeer grote volume water in de Asseltse Plassen zal door verdunning van de verontreinigingen in het uittredende poriewater er ook in de worst case-situatie (uitwisseling beperkt tot neerslagoverschot) geen significante stijging van het gehalte aan verontreinigingen zijn.

In tabel 8.16 is voor de varianten 1 en 2 aangegeven hoeveel vracht in het oppervlaktewater boven de specie komt in de eerste jaren van de consolidatieperiode. In de jaren daarna neemt de consolidatieflux steeds verder af, waardoor ook de emissie naar het oppervlaktewater steeds verder afneemt. In deze tabel is tevens de bijdrage aan de normale vracht in de Maas aangegeven.

Tabel 8.16. Emissie naftaleen naar de Maas door uittredend poriewater, Asseltse Plassen

		1 ^e jaar nazorgfase	2 ^e + 3 ^e jaar nazorgfase	4 ^e + 5 ^e jaar nazorgfase	6 ^e jaar nazorgfase
variant 1	vracht naftaleen (mg/jaar)	676.300	798.100	190.900	83.100
	bijdrage aan Maas (%)	0,086%	0,101%	0,024%	0,011%
variant 2	vracht naftaleen (mg/jaar)	167.000	291.300	438.700	72.700
	bijdrage aan Maas (%)	0,021%	0,037%	0,056%	0,009%

Deze relatief grote emissie in het eerste deel van de nazorgfase wordt enerzijds veroorzaakt door de grote opwaartse consolidatiefluxen (orde 1.200 mm/jaar bij aanvang). Bij variant 1 is het gehalte naftaleen in het poriewater beduidend hoger dan bij variant 2 (4,17 mg/m³ versus 2,13 mg/m³), hetgeen ook consequenties heeft voor de emissie naar het oppervlaktewater.

Verspreiding via grondwater

Daarnaast zal via het grondwater verontreiniging de Maas bereiken. Uit de MT3D berekeningen is de grootte van deze emissie bepaald. In tabel 8.17 is de emissie van naftaleen via het grondwater naar de Maas opgenomen, zowel in kg als relatief ten opzichte van de normale vracht in de Maas.

Tabel 8.17. Emissie naftaleen naar de Maas via het grondwater, Asseltse Plassen

periode (jaar)	variant 1			variant 2			variant 2 met gescheiden berging		
	vracht periode (kg)	vracht (mg/jaar)	bijdrage aan Maas (%)	vracht periode (kg)	vracht (mg/jaar)	bijdrage aan Maas (%)	vracht periode (kg)	vracht (mg/jaar)	bijdrage aan Maas (%)
0-100	0,01	100	0,000%	0,01	100	0,000%	0,01	100	0,000%
100-250	0,24	1.600	0,000%	0,09	600	0,000%	0,07	470	0,000%
250-1.000	9,86	13.150	0,002%	5,09	6.790	0,001%	2,45	3.270	0,000%

Uit de tabel blijkt dat de emissie naar de Maas via het grondwater verwaarloosbaar is ten opzichte van het gehalte in de Maas.

9. Samenvatting en conclusies

9.1 Samenvatting

Begin 1999 is de Trajectnota/MER Zandmaas/Maasroute gereed gekomen. Op advies van de Commissie MER is De Maaswerken bezig deze nota op een aantal punten aan te vullen. Eén van deze aanvullingen betreft de uitwerking van bergingslocaties voor niet-vermarktbare grond.

De projectorganisatie De Maaswerken heeft WAU gecontracteerd om een studie te verrichten naar de inrichting van deze bergingslocaties en de effecten daarvan op het grond- en oppervlaktewater vast te stellen.

In deze rapportage zijn de effecten op grondwaterstanden en op de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater gepresenteerd van de voorgenomen bergingslocaties voor niet-vermarktbare grond in het kader van de Zandmaas plannen. De effecten zijn berekend met behulp van een grondwaterstromings- en transportprogramma. Het betreft de volgende vier locaties:

- Hoogwatergeul Well-Aijen
- Hoogwatergeul Ooijen
- Kleischerm Lomm
- Asseltse Plassen Zuid

Het Programma van Eisen en de resultaten van het onderzoek ten aanzien van Waterbouwkunde en Consolidatie zijn in aparte deelrapporten opgenomen.

Voor de genoemde locaties zijn verschillende varianten uitgewerkt. In de onderstaande tabel zijn enkele kenmerken van deze varianten ten aanzien van de geometrie opgenomen. Bij de varianten met gescheiden berging is tussen haakjes de dikte van de laag 3/4 weerdgrond opgenomen. In bijlage 1 zijn principeschetsen van de varianten opgenomen.

Tabel 9.1. Geometrie doorgerekende varianten

	Bergingsvolume (m3)			Globale diepte (m)
	Totaal	klasse 0/1/2	klasse 3/4	
Well-Aijen				
variant 0	1.660.000			4,85
variant 1	2.670.000			7,35
variant 2	3.570.000			7,35 - 12,35
var. 1 gescheiden		2.296.000	374.000	7,35 (0,85)
Ooijen				
variant 1	1.310.000			8,0
var. 1 gescheiden		1.205.000	105.000	8,0 (0,6)
Lomm				
variant 1	2.590.000			18,75
var. 1 gescheiden		1.869.000	721.000	18,75 (4,05)
Asseltse Plassen Zuid				
variant 1	2.000.000			15,0
variant 2	5.000.000			27,0
var. 2 gescheiden		4.095.000	905.000	27,0 (4,35)

Daarnaast is nog een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. Hierin is variant 1 van Well-Aijen opnieuw doorgerekend met achtereenvolgens de volgende wijzigingen:

- grondwater rondom de bergingslocatie verontreinigd tot aan de streefwaarde
- organisch koolstofgehalte van het 1^e watervoerende pakket verlaagd tot 0,05%
- verdelingscoëfficiënten (Koc) verhoogd

Bij Asseltse Plassen Zuid is de invloed van een verontreinigde slibbodem in de plas onderzocht.

9.1.1 Effecten op grondwaterstanden

Bij de effecten op de grondwaterstanden is onderscheid te maken in de aanlegfase en de nazorgfase.

Tijdens de aanlegfase wordt de ontgraving uitgevoerd. Bij Well-Aijen en Ooijen staat de geul in open verbinding met de Maas. De grondwaterstand direct bij de hoogwatergeul wordt dus verlaagd tot het Maaspeil. Bij Lomm is er geen open verbinding met de Maas. De grondwaterstand in de geul tijdens de aanleg wordt hier bepaald door het verhang van het grondwater. Bovenstrooms van de geul heeft dit een verlaging van de grondwaterstand tot gevolg, direct benedenstrooms is er een geringe verhoging. Bij Asseltse Plassen Zuid wordt de plas ontgraven en weer gedeeltelijk aangevuld door een ontgronder. De referentiesituatie is bij deze locatie de plas zoals deze door de ontgronder opgeleverd zal worden. De effecten van de aanlegfase zijn hier dus niet berekend.

Na de aanvulling van de bergingslocaties treedt in alle gevallen een verhoging van de grondwaterstand ten opzichte van de referentiesituatie op. De grootte van de verhoging wordt beïnvloed door de mate van afsluiting van het watervoerende pakket door de bergingslocatie en de oriëntatie ten opzichte van de stromingsrichting van het grondwater. Bij Lomm wordt het 1^e watervoerende pakket geheel afgesloten door een kleischerm met een geruime lengte dat loodrecht op de stromingsrichting van het grondwater staat. De opstuwing is hier dan ook maximaal ca. 2,0 m. Bij Well-Aijen daarentegen liggen beide delen van de bergingslocatie in een zone waar vrijwel geen grondwaterstroming is. De opstuwing blijft hier beperkt tot ca. 0,1 m.

Het invloedsgebied wordt vooral door de maximale verhoging, het doorlaatvermogen van het watervoerende pakket en de eventuele aanwezigheid van waterlopen bepaald.

In tabel 9.2 zijn de maximale verlagingen in de aanlegfase weergegeven en de maximale verhogingen en het invloedsgebied in bij gevulde berging. Alle verlagingen en verhogingen zijn ten opzichte van de referentiesituatie.

Tabel 9.2. Effecten op de grondwaterstand tijdens aanlegfase en nazorgfase

	Aanlegfase (ontgraving)	Nazorgfase (ge vulde berging)	
	Verlaging grondwaterstand	Verhoging grondwaterstand	Invloedsgebied
Well-Aijen (var. 1)	0,15 m	0,1 m	750 m
Ooijen (var. 1)	0,6 m	0,45 m	1.200 m
Lomm (var. 1)	0,45 m	2,0 m	3.000 m
Asseltse Plassen Zuid (var. 2)	n.v.t.	1,0 m	600 m

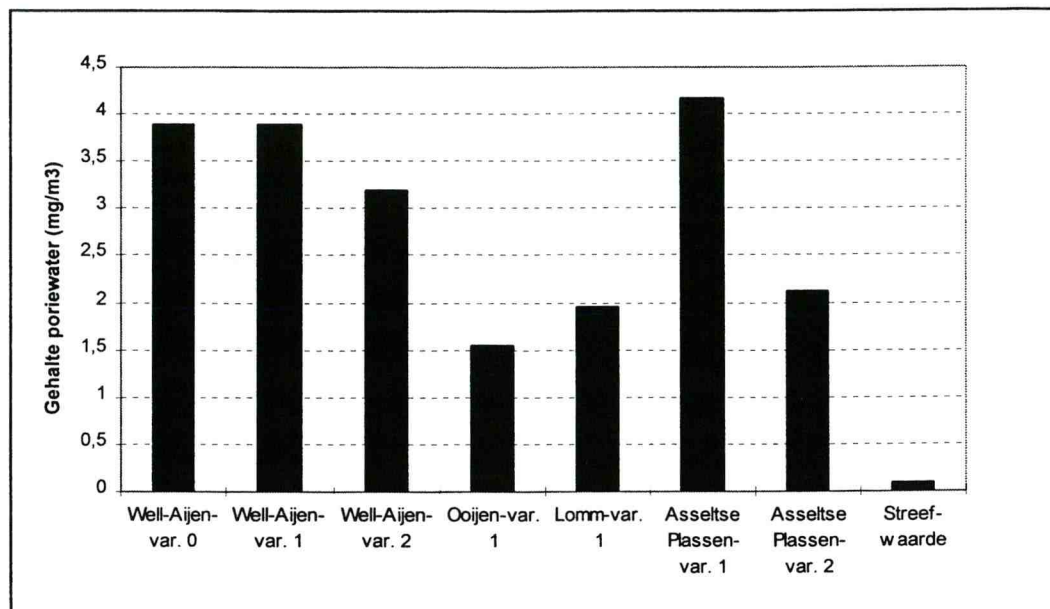
9.1.2 Effecten verspreiding naar grondwater

Bij de verspreiding van verontreinigingen naar het grondwater zijn meerdere factoren te onderscheiden. Het gehalte aan verontreinigingen (maatgevende concentratie) in de weerdgrond varieert per locatie en soms ook per variant. Bij een gelijke maatgevende concentratie kan vervolgens het gehalte dat opgelost in het poriewater aanwezig is, variëren als gevolg van verschillen in het organisch koolstofgehalte (foc).

In figuur 9.1 is het gehalte naftaleen opgelost in het poriewater voor alle varianten (met uitzondering van de varianten met gescheiden berging) weergegeven.

De gehalten variëren tussen 1,55 mg/m³ bij Lomm en 4,17 mg/m³ bij Asseltse Plassen Zuid, variant 1. De streefwaarde van naftaleen is 0,1 mg/m³.

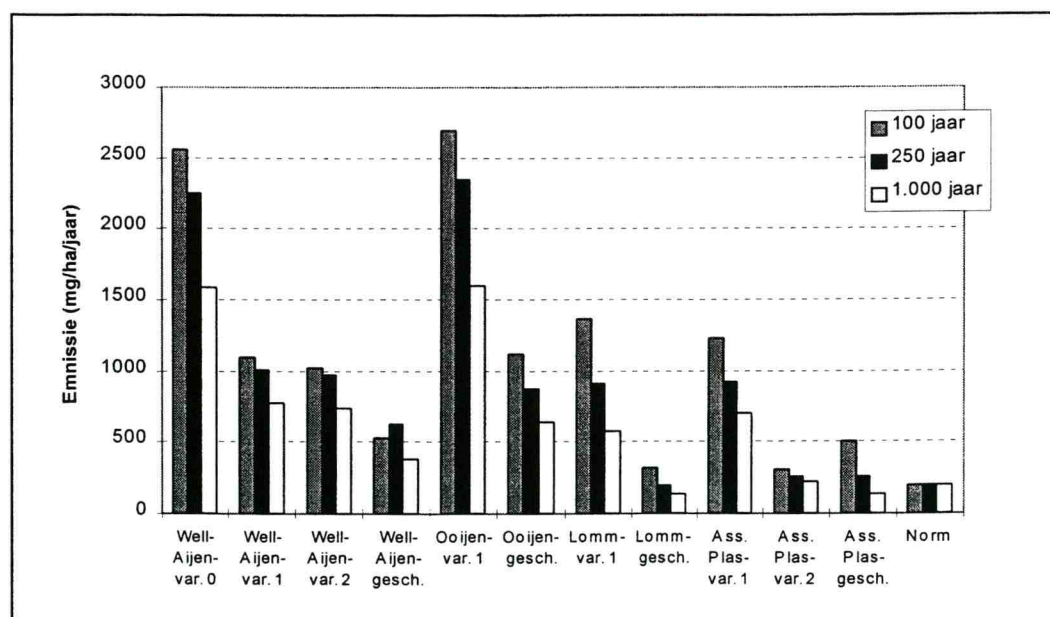
Figuur 9.1. Opgelost gehalte naftaleen in poriewater



De emissie van naftaleen is vervolgens berekend met behulp van MT3D. In figuur 9.2 is de emissie van naftaleen na 100, 250 en 1.000 weergegeven voor alle varianten. Hierbij is tevens de norm aangegeven (200 mg/ha/jaar).

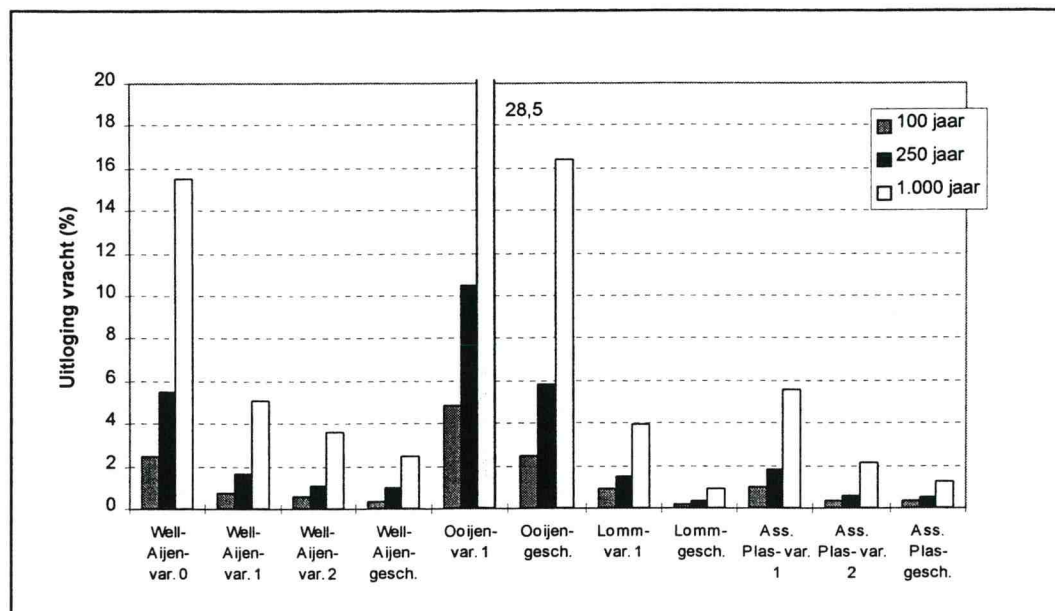
In de figuur is zichtbaar dat de emissie bij bergingslocaties afneemt als de inhoud groter wordt (Well-Aijen en Asseltse Plassen). Dit wordt onder meer door de geometrie van de locaties bepaald: de afstand die verontreinigingen af moet leggen naar de rand van de bergingslocaties wordt groter bij een toename van de inhoud. Daarnaast spelen de geohydrologische omstandigheden een rol (doorlaatvermogen, grondwaterstroming). Het toepassen van een gescheiden berging (klasse 3/4 grond wordt als aparte laag tussen grond met klasse 0/1/2 gebracht) heeft eveneens een reductie van de emissie tot gevolg. Bij alle bergingslocaties en alle varianten wordt de toelaatbare flux voor de emissie overschreden.

Figuur 9.2. Emissie naftaleen



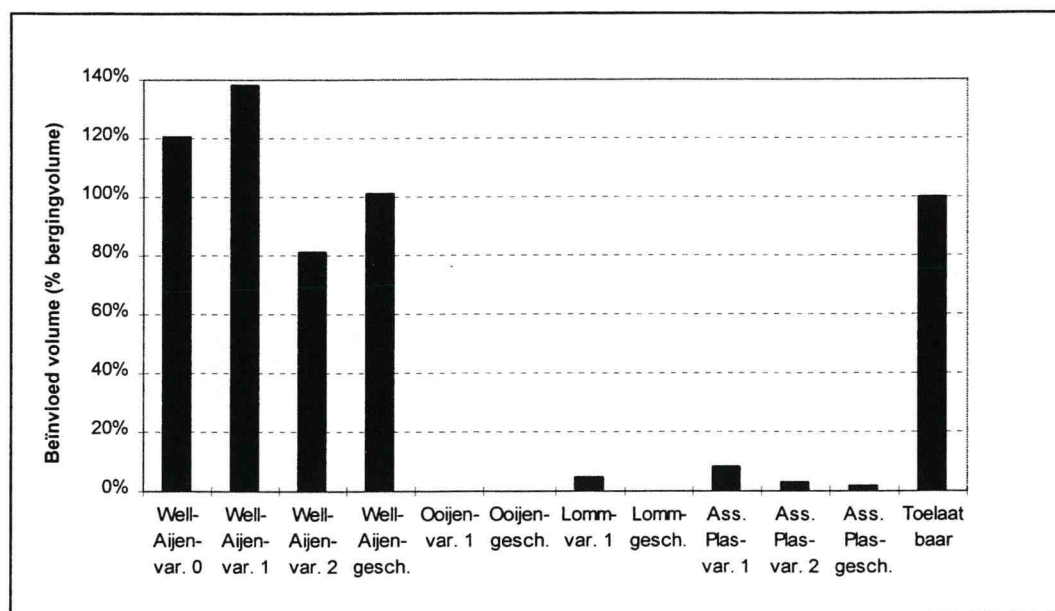
De uitloging van de vracht aan naftaleen uit de bergingslocaties na 100, 250 en 1.000 jaar is in figuur 9.3 weergegeven. Bij vrijwel alle locaties is na 1.000 jaar nog ca. 95% van de oorspronkelijke vracht in de bergingslocaties aanwezig (uitloging kleiner dan ca. 5%). Alleen bij Well-Aijen variant 0 en bij Ooijen is er sprake van een grotere uitloging.

Figuur 9.3. Uitloging vracht naftaleen uit bergingslocaties



Tenslotte is berekend hoe groot het tot boven de streefwaarde beïnvloed volume buiten de bergingslocaties na 10.000 jaar is. In figuur 9.4 zijn deze volumes ten opzichte van het volume van de bergingslocatie zelf aangegeven. Een beïnvloed volume van 100% (toelaatbaar volume) betekent dus dat buiten de bergingslocatie net zoveel grond tot boven de streefwaarde verontreinigd is als het volume van de locatie zelf.

Figuur 9.4. Beïnvloed volume naftaleen na 10.000 jaar



Bij Well-Aijen ligt het beïnvloed volume bij de varianten 0 en 1 ruim boven het toelaatbare volume. Bij variant 1 met gescheiden berging is het beïnvloed volume 101%. Bij alle overige bergingslocaties is het tot boven de streefwaarde beïnvloed volume minder dan 10%.

Het beïnvloed volume wordt door verschillende factoren bepaald. De grootte van de emissie (mate van uitloging) van de verontreinigingen is uiteraard van belang. Daarnaast is het opgeloste gehalte in het poriewater en de mate van verdunning van belang: bij een gehalte juist boven de streefwaarde is een geringe verdunning voldoende om een gehalte lager dan de streefwaarde te verkrijgen. De verdunning wordt (naast het neerslagoverschot) bepaald door de grondwaterstroming en kwel.

Bij de berekeningen is ervan uitgegaan dat er geen afbraak van de verontreinigingen optreedt. Organische microverontreinigingen kunnen echter wel afbreken. De waargenomen halfwaardetijd van fluoranthen varieert bijvoorbeeld tussen 150 dagen onder aerobe omstandigheden tot 43 jaar onder anaerobe omstandigheden.

Hieruit kan worden geconcludeerd dat de berekende verspreiding groter is dan de werkelijke verspreiding zal zijn als gevolg van de afbraak.

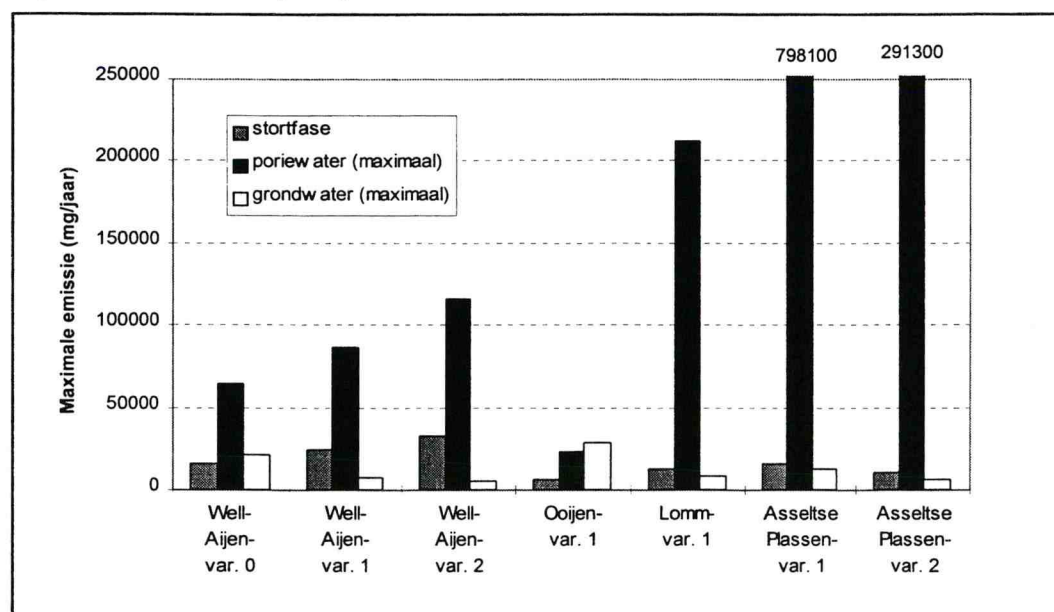
9.1.3 Effecten verspreiding naar oppervlaktewater

Emissie naar oppervlaktewater treedt op tijdens de vulase en tijdens de nazorgfase. In de nazorgfase zijn er twee routes waardoor verspreiding naar oppervlaktewater op kan treden: via uittredend (verontreinigd) poriewater naar het oppervlaktewater boven de gestorte grond en door uitwisseling vervolgens naar de Maas, en via het grondwater.

In figuur 9.5 is de maximale jaarlijkse emissie naar het oppervlaktewater weergegeven. Hierbij is de emissie tijdens de consolidatieperiode onderverdeeld zoals hierboven is aangegeven: via uittredend poriewater en via grondwater.

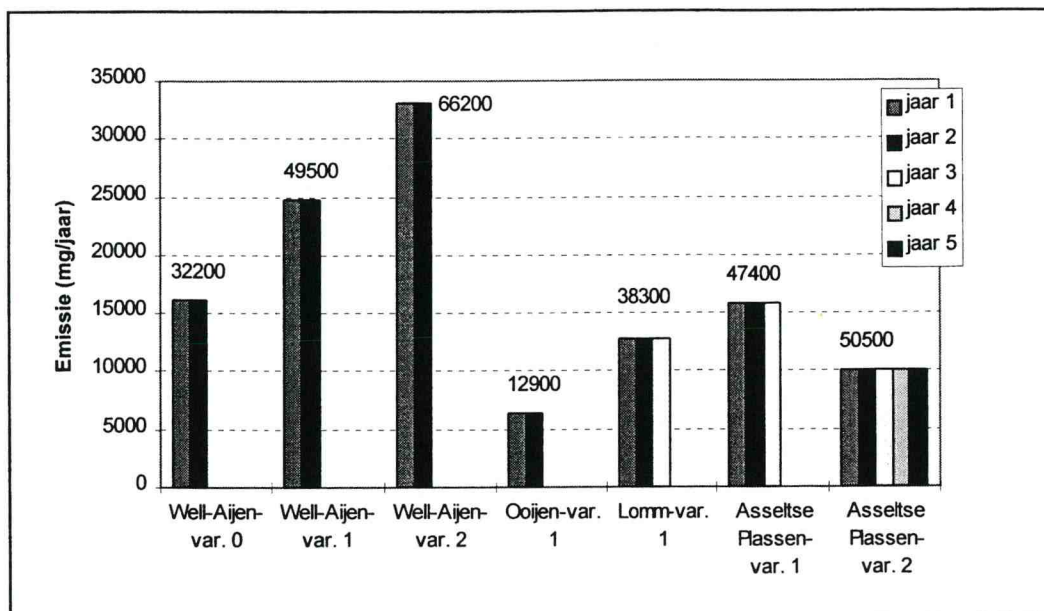
Uit deze figuur blijkt duidelijk dat bij vrijwel alle varianten de maximale jaarlijkse emissie naar oppervlaktewater door poriewater het grootst is. Als gevolg van verschillen in de (opwaartse) consolidatieflux tussen de bergingslocaties varieert de grootte van deze emissie sterk. De bijdrage van het uittredend poriewater aan de vracht die al in de Maas aanwezig is, varieert tussen 0,003 % bij Ooijen tot 0,101 % bij Asseltse Plassen Zuid variant 1.

Figuur 9.5. Maximale jaarlijkse emissie van naftaleen naar de Maas



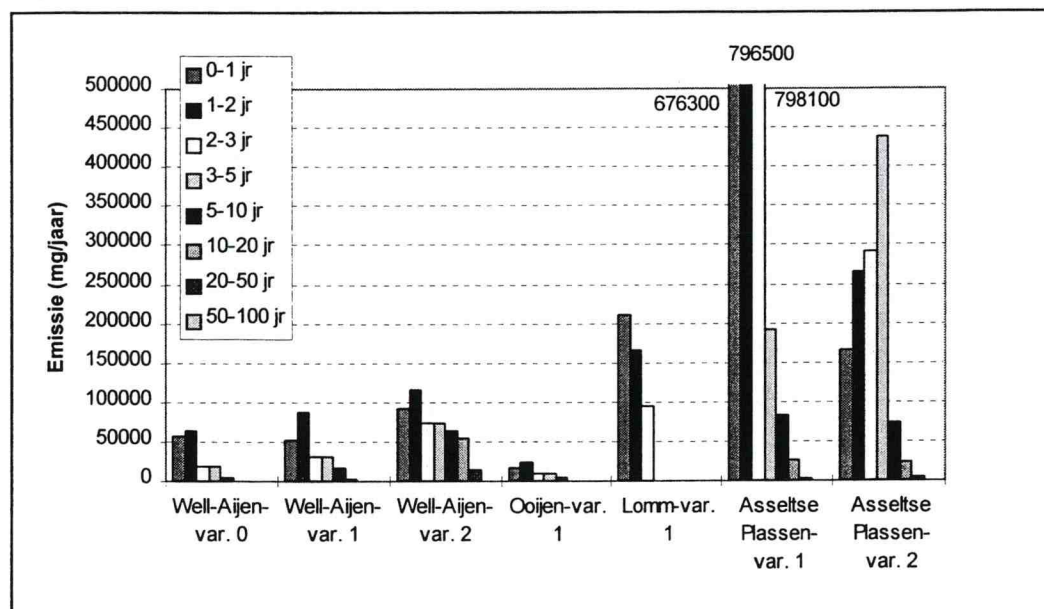
In figuur 9.6 is de emissie naar de Maas in de stortfase nader gespecificeerd. De periode waarin de weerdgrond wordt gestort varieert tussen 2 jaar bij Well-Aijen en Ooijen en 5 jaar bij variant 2 van Asseltse Plassen. De totale emissie (mg) is eveneens aangegeven in deze figuur als getal boven de kolommen. Van invloed op de emissie in de stortfase zijn vooral het totale bergingsvolume en het maatgevende gehalte van de weerdgrond.

Figuur 9.6. Emissie van naftaleen naar de Maas tijdens vulfase



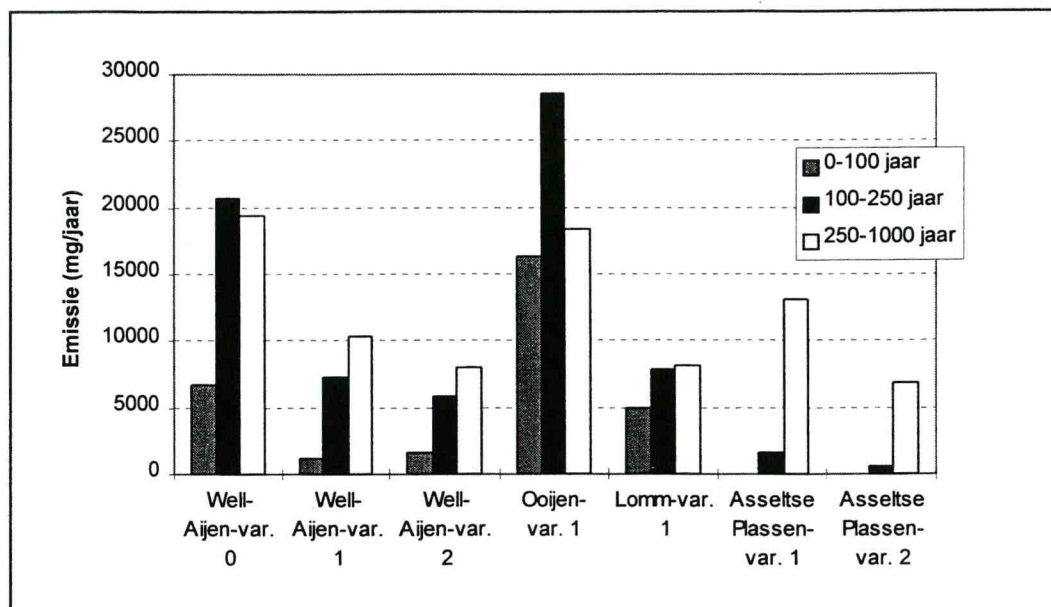
In de nazorgfase is er een emissie naar de Maas door uittredend poriewater. De grootte van de consolidatieflux varieert in de tijd. Bij de meeste varianten is de consolidatieflux na ongeveer 10 jaar tot 10% van de consolidatieflux tijdens de stortfase gereduceerd. Na 100 jaar is de consolidatieflux overal tot 0 gereduceerd. De emissie wordt enerzijds door de grootte van de consolidatieflux bepaald, en anderzijds door het opgeloste gehalte in het poriewater. In figuur 9.7 is de emissie naar de Maas door uittredend poriewater in de tijd voor de bergingslocaties weergegeven.

Figuur 9.7. Emissie van naftaleen naar de Maas door uittredend poriewater



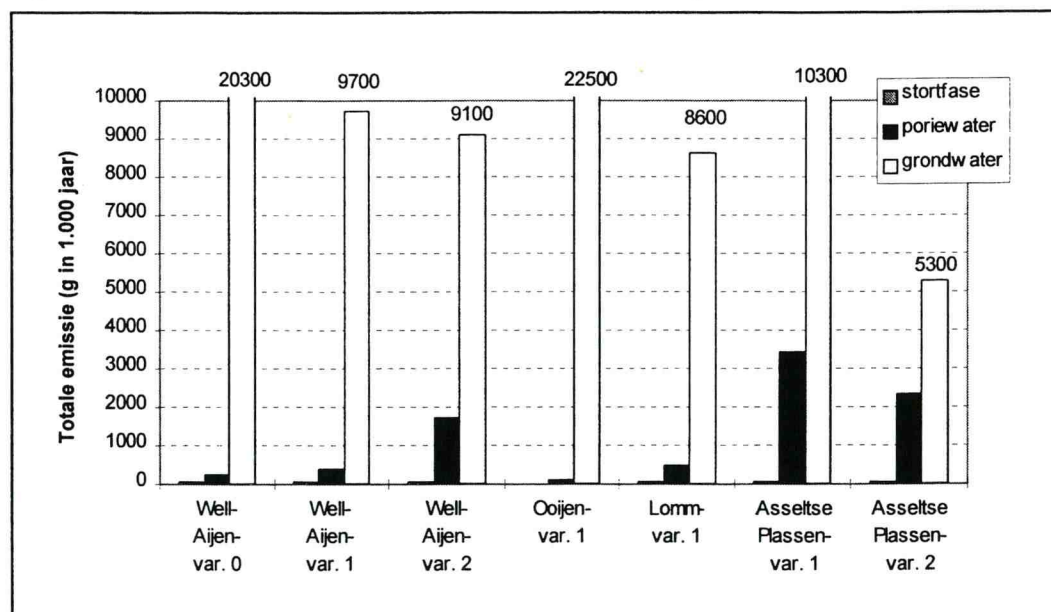
Tijdens de nazorg is er tevens een emissie naar de Maas via het grondwater. In figuur 9.8 is deze emissie weergegeven voor alle locaties.

Figuur 9.8. Emissie van naftaleen naar de Maas via het grondwater



Tenslotte is in figuur 9.9 de totale emissie naar de Maas in de periode vanaf de aanleg tot 1.000 jaar daarna weergegeven. Hieruit blijkt dat de emissie via het grondwater de grootste bijdrage heeft. Dit komt overeen met de verwachting: de stortfase betreft maximaal 5 jaar, en de periode waarin er sprake is van uittredend poriewater betreft maximaal 100 jaar. De uitloging van verontreiniging naar het grondwater is echter een doorgaand proces. Hoewel de jaarlijkse emissie beduidend kleiner is dan de jaarlijkse emissie in het begin van de consolidatieperiode door uittredend poriewater, is de uiteindelijke vracht door dit tijdseffect veel groter.

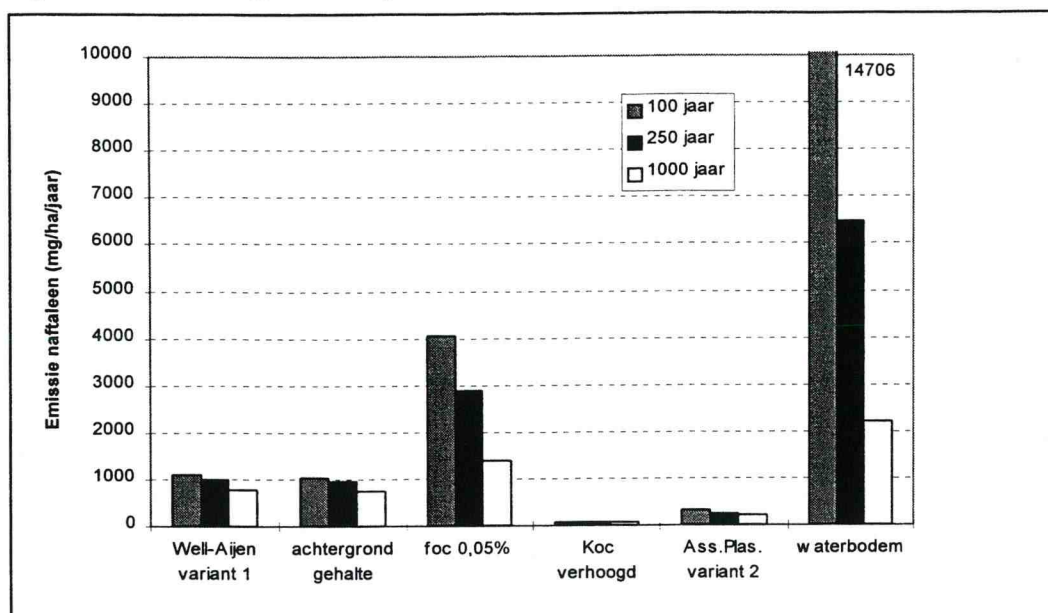
Figuur 9.9. Totale emissie van naftaleen naar de Maas in periode van 1.000 jaar



9.1.4 Gevoeligheidsanalyse

Bij de gevoeligheidsanalyse is de invloed van enkele parameters op de emissie naar het grondwater bepaald. In figuur 9.10 zijn de berekend emissies weergegeven naast de 'normale' variant.

Figuur 9.10. Gevoeligheidsanalyse



De doorerekende varianten zijn variant 1 van Well-Aijen met respectievelijk een verhoogd achtergrondgehalte in het grondwater rondom de hoogwatergeul, een organisch koolstofgehalte dat een factor 10 lager ligt dan normaal gesproken wordt aangenomen, en een verhoogde verdelingscoëfficiënt ($\log Koc = 4,1$ in plaats van 3,18).

De invloed van het tot aan de streefwaarde verhoogde achtergrondgehalte is gering.

De emissie bij een foc van 0,05% in plaats van 0,5% neemt toe met ongeveer een factor 4. Dit wordt veroorzaakt door een lagere retardatiecoëfficiënt, waardoor de verontreiniging minder sterk aan de bodem gebonden wordt. Het gehalte direct buiten het depot neemt daardoor sneller af door de grondwaterstroming, waardoor een grotere diffusie ontstaat. Verwacht wordt dat het gehalte aan organisch koolstof niet in sterke mate af zal wijken van de 0,5% waarbij de overige berekeningen zijn uitgevoerd.

De grootte van de verdelingscoëfficiënten (Koc) is momenteel niet geheel zeker. Bij veldproeven zijn verdelingscoëfficiënten vastgesteld die een factor 5-10 tot zelfs 100-500 keer zo hoog liggen dan tot nu toe werd gehanteerd. Bij de gevoeligheidsanalyse is de $\log Koc$ verhoogd van 3,18 tot 4,1, dus de Koc van 1.514 tot 12.589, een factor 8,3. Deze verhoging van de Koc heeft een afname van de emissie van 1.089 mg/ha/jaar tot 67 mg/ha/jaar tot gevolg, dus een reductie met een factor 1/15.

Bij Asseltse Plassen Zuid is de invloed van de aanwezigheid van een vervuilde waterbodembodem op de emissie bepaald. Momenteel is er een sliblaag op de bodem van de plas aanwezig. In principe zal voorafgaande aan de vulling van de bergingslocatie deze sliblaag zijn verwijderd. Uit analyses blijkt dat de sliblaag sterk verontreinigd is, de maatgevende concentratie aan naftaleen bedraagt 0,42 mg/kg, terwijl de maatgevende concentratie van de weerdgrond 0,05 mg/kg is. De totale vracht is daardoor veel groter in het geval dat er sprake is van een sliblaag. Bovendien is de afstand tot de onderkant van de bergingslocatie klein doordat de sliblaag de onderste laag van de bergingslocatie is. De af te leggen weg voor de verontreiniging is daardoor gering. De emissie is daardoor na 100 jaar een factor 50 hoger dan bij de situatie zonder vervuilde waterbodembodem, en neemt af tot 25x en 10x na respectievelijk 250 en 1.000 jaar.

9.2 Conclusies en aanbevelingen

9.2.1 Effecten op de grondwatersystemen en ten aanzien van het gebruik van het gebied

Bij aanleg (ontgraving) en bij gevuld depot worden de grondwaterstanden in de omgeving van de bergingslocatie beïnvloed. Deze beïnvloeding treedt alleen aan op aan die zijde van de Maas waar zich de bergingslocatie bevindt. Als gevolg van de ontgraving treedt verlaging van de grondwaterstanden op, met name in gebieden met een landbouwfunctie, maar naar verwachting, ook in prioritaire gebieden (verlaging maximaal 0,05 à 0,10 m), zoals aangegeven in het Waterhuishoudingsplan Limburg. Bij een gevulde berging treedt verhoging van de grondwaterstanden op, die zich ook uitstrekt tot de prioritaire gebieden (0,05 à 0,25 m).

De grootste verhoging van grondwaterstanden wordt bij het kleischerm Lomm verwacht (2 meter). Deze grote effecten worden bepaald door de geologische situatie bij Lomm bepaald: het kleischerm rust aan de onderzijde op een slecht doorlatende kleilaag.

9.2.2 Effecten op de grondwaterkwaliteit en op grondwaterwinningen

Voor wat betreft effecten op de grondwaterkwaliteit is de toetsing aan het Beleidsstandpunt Verwijdering Baggerspecie van belang. Voldoet een berging aan de criteria uit het BVB, dan wordt er slechts een marginale belasting van het grondwater verwacht, en zal er geen (singnificante) invloed op de grondwaterkwaliteit zijn. Een tweede toetsing is gedaan in verband met winningen van grondwater ten behoeve van drinkwaterbereiding: er mogen geen verontreinigingen vanuit de berging naar de winningen stromen.

Toetsing Beleidsstandpunt Verwijdering Baggerspecie (BVB)

1. Het opgelost gehalte aan verontreinigingen in het poriewater ligt bij alle locaties hoger dan de streefwaarde. Aan stap 1 van het BVB wordt dus bij geen enkele bergingslocatie voldaan.
2. De emissie na 100 jaar ligt bij alle bergingslocaties hoger dan de toelaatbare flux. Bij sommige varianten wordt na 250 en/of 1.000 jaar wel aan de toelaatbare flux voldaan. Uitgaande van toetsing na 100 jaar kan worden geconcludeerd dat bij geen enkele bergingslocatie aan stap 2 van het BVB wordt voldaan.
3. Bij Well-Aijen variant 0 en variant 1 is het beïnvloed volume ruim groter dan 100%. Bij Well-Aijen variant 2 en bij de overige bergingslocaties (Ooijen, Lomm en Asseltse Plassen Zuid) ligt het beïnvloed volume lager dan 100% en wordt dus aan stap 3 van het BVB voldaan. Bij Well-Aijen variant 1 met gescheiden berging is het beïnvloed volume 101%. Gezien de verwaarlozing van afbraak kan gesteld worden dat deze variant eveneens aan stap 3 van het BVB voldoet.

In onderstaande tabel is aangegeven welke van de berekende varianten voldoet aan de criteria uit het BVB.

Tabel 9.1 Toetsing aan Beleidsstandpunt Verwijdering Baggerspecie

Bergingslocatie	variant	Voldoet aan BVB ?
Well-Aijen	0	nee
	1	nee
	2	ja
Ooijen	1-gescheiden	ja
	1	ja
	1-gescheiden	ja
Lomm	1	ja
	1-gescheiden	ja
Asseltse Plassen Zuid	1	ja
	2	ja
	1-gescheiden	ja

sliblaag Asseltse plassen Zuid

Bij één van berekeningen is aangenomen dat er een verontreinigde sliblaag is afgezet voordat er wordt geborgen. Er is aangenomen dat deze laag ca. 3 meter dik is en wordt beoordeeld als klasse 3 of 4. Indien de sliblaag niet wordt verwijderd nemen de emissies naar het grondwater sterk toe, ten opzichte van de variant zonder verontreinigde sliblaag op de bodem (opgemerkt moet worden dat deze emissie hoofdzakelijk uit de sliblaag afkomstig is, en niet zozeer uit de berging). Nuancering van deze conclusie is echter op zijn plaats. De aannamen betreffende de karakteristieken van de sliblaag zijn gebaseerd op onderzoek van de sliblaag zoals die op dit moment aanwezig is. Gezien de voortgaande delfstoffenwinning is het onwaarschijnlijk dat bij aanvang van het bergen deze karakteristieken nog geldig zijn. Zeker indien het bergen start direct aansluitend op de winning is de kans groot dat een aanwezige sliblaag geringer van dikte is, maar bovendien minder verontreinigd.

Grondwaterwinningen ten behoeve van drinkwater

Uit de berekeningen is gebleken dat geen enkele lokatie waar grondwater wordt onttrokken ten behoeve van drinkwater er beïnvloeding van de grondwaterkwaliteit wordt verwacht als gevolg van het bergen van grond in één van de bergingslocaties. Dit betekent dat er geen humane risico's worden verwacht (voor wat betreft dit aspect).

9.2.3 Effecten op de oppervlaktewaterkwaliteit

Voor wat betreft de oppervlaktewaterkwaliteit zijn twee aspecten van belang: wordt de MTR-aqua norm overschreden in het oppervlaktewater boven de berging, en wat is de bijdrage van de emissie naar het oppervlaktewater aan de vracht aan verontreinigingen die door de Maas wordt afgevoerd.

Toetsing aan MTR

Bij een enkele bergingslocatie wordt verwacht dat de MTR-aqua norm (significant en langdurig) wordt overschreden. Dit betekent dat er geen significante eco-toxicologische effecten op de oppervlaktewaterkwaliteit worden verwacht.

Bijdrage Maas

De maximale bijdrage aan de normale verontreiniging in de Maas door de aanleg van de bergingslocaties is bij alle locaties minder dan ca. 0,1 %. De jaarlijkse emissie is tijdens en kort na het vullen van de bergingslocaties het grootst en neemt in de loop van de tijd af. Dit betekent dat er geen significante toename van de verontreinigingsvracht in de Maas wordt verwacht als gevolg van het bergen van grond in de locaties.

9.2.4 Gevoeligheidsanalyse verdelingscoëfficiënten en organisch koolstofgehalte

Uit de gevoeligheidsberekeningen blijkt dat de verdelingscoëfficiënt (Koc) en het organisch koolstofgehalte (foc) van grote invloed is op de emissie. Indien de Koc beduidend hoger ligt dan de waarden waarbij de berekeningen zijn uitgevoerd, zoals recente inzichten aangeven, zal de emissie van verontreinigingen veel kleiner zijn dan berekend is. Dit is van invloed op de beoordeling van de locaties.

9.2.5 Aanbevelingen**ondergrond**

De opbouw van de ondergrond is belangrijk in relatie tot de te verwachten effecten. Met name de verwachte verandering van de grondwaterstanden bij Lomm hangen sterk samen met de aanwezigheid van de kleilaag in de ondergrond. Aanbevolen wordt, met name bij Lomm, de opbouw van de ondergrond te verifiëren middels aanvullende boringen.

grondwaterstroming

De grondwaterstroming in de directe omgeving van de locatie, zowel in horizontale als verticale richting (kwel), is van belang met name voor wat betreft de emissie naar het grondwater. Aanbevolen wordt om door middel van metingen van grondwaterstanden en stijghoogten in diepere pakketten in de omgeving van de locaties het inzicht in de grondwaterstroming te verhogen.

verdelingscoëfficiënten en organisch koolstofgehalte watervoerend pakket

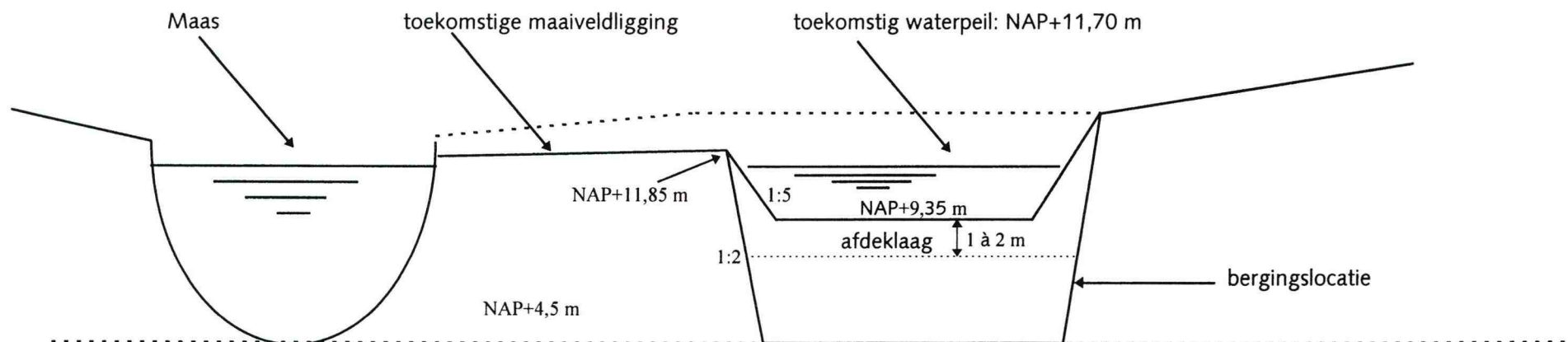
Deze twee parameters zijn sterk bepalend voor emissies en verspreiding. Aanbevolen wordt deze in het veld te bepalen.

sliblaag Asseltse Plassen

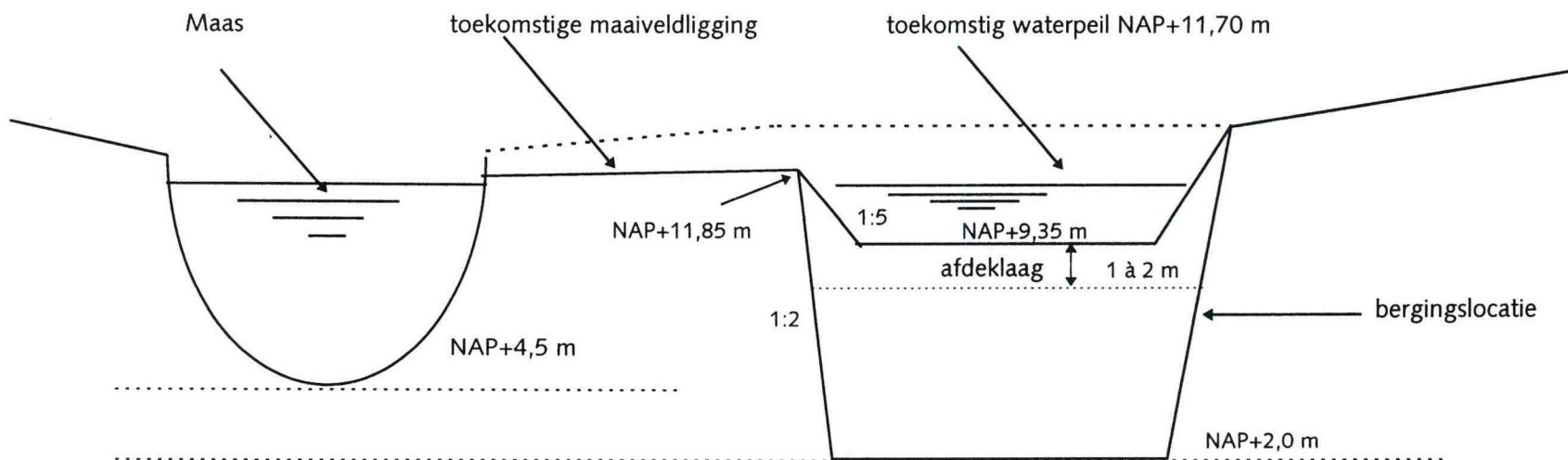
Aanbevolen wordt , voorafgaande aan het bergen van grond, de sliblaag in de Asseltse Plassen opnieuw in kaart te brengen en op basis van de resultaten na te gaan wat de beste oplossing is (verwijderen of laten liggen).

Bijlage I. Doorsneden bergingslocaties

Principe doorsnede hoogwatergeul/bergingslocatie Well-Aijen, Variant 0

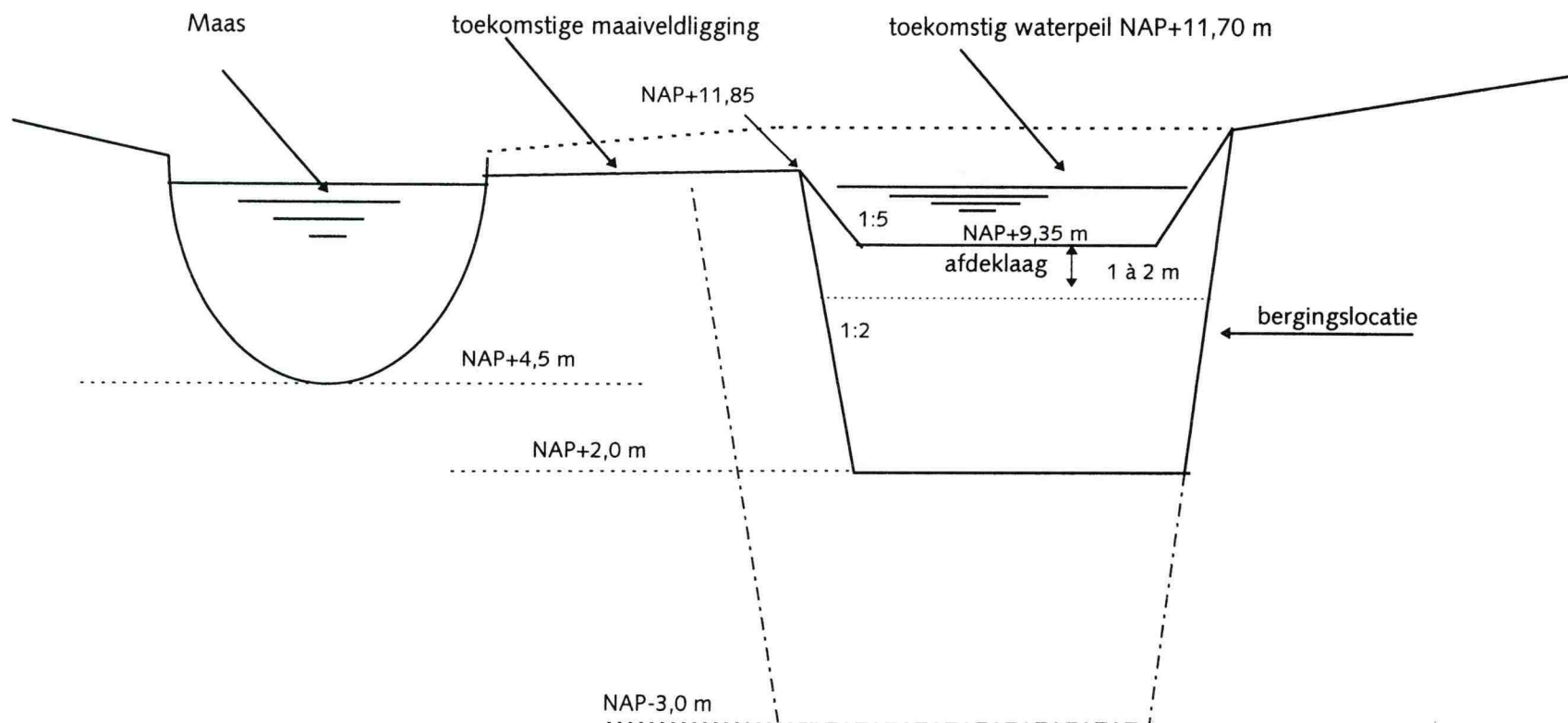


Principe doorsnede hoogwatergeul/bergingslocatie Well-Aijen, Variant 1

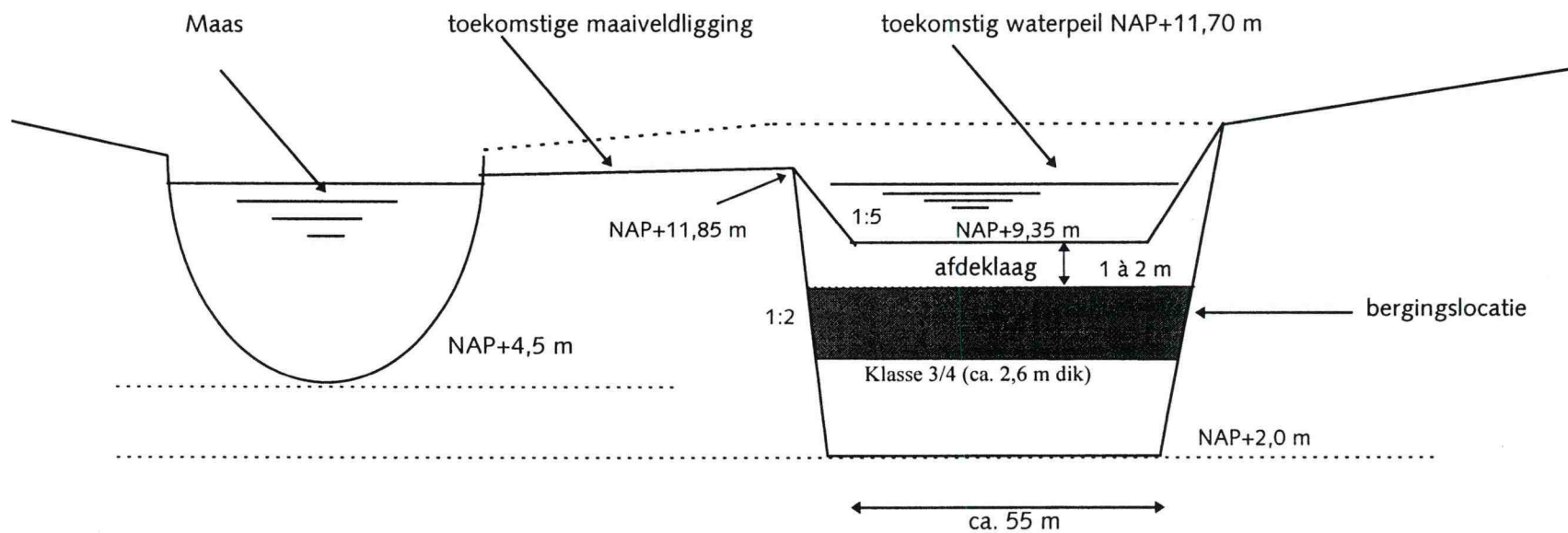


Principe doorsnede hoogwatergeul/bergingslocatie Well-Aijen, Variant 2

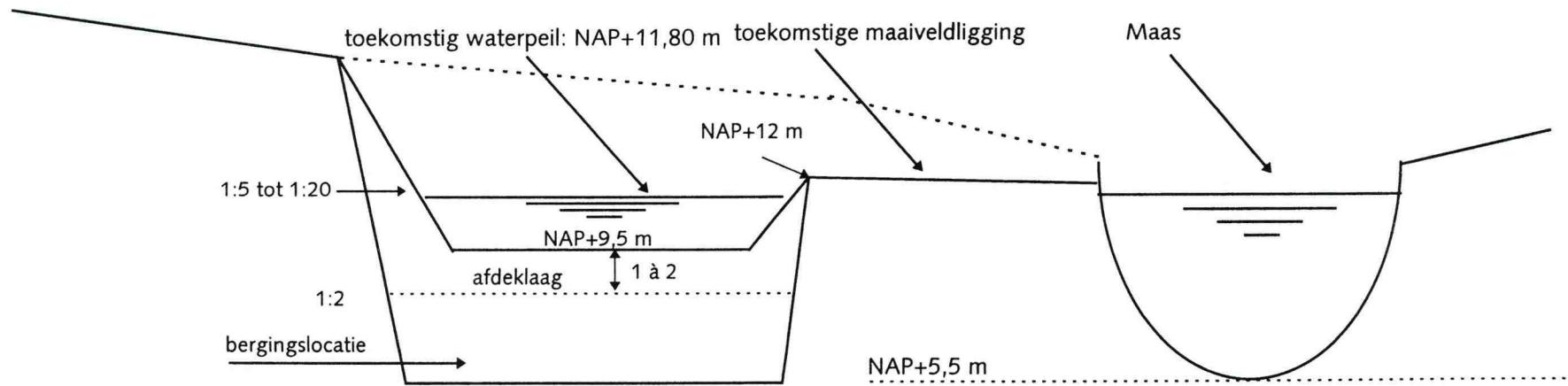
Bij variant 2 wordt onder de noordelijke geul, over een afstand van ongeveer 525 m, de bergingslocatie 5 m extra verdiept en 50 tot 150 m verbreed.



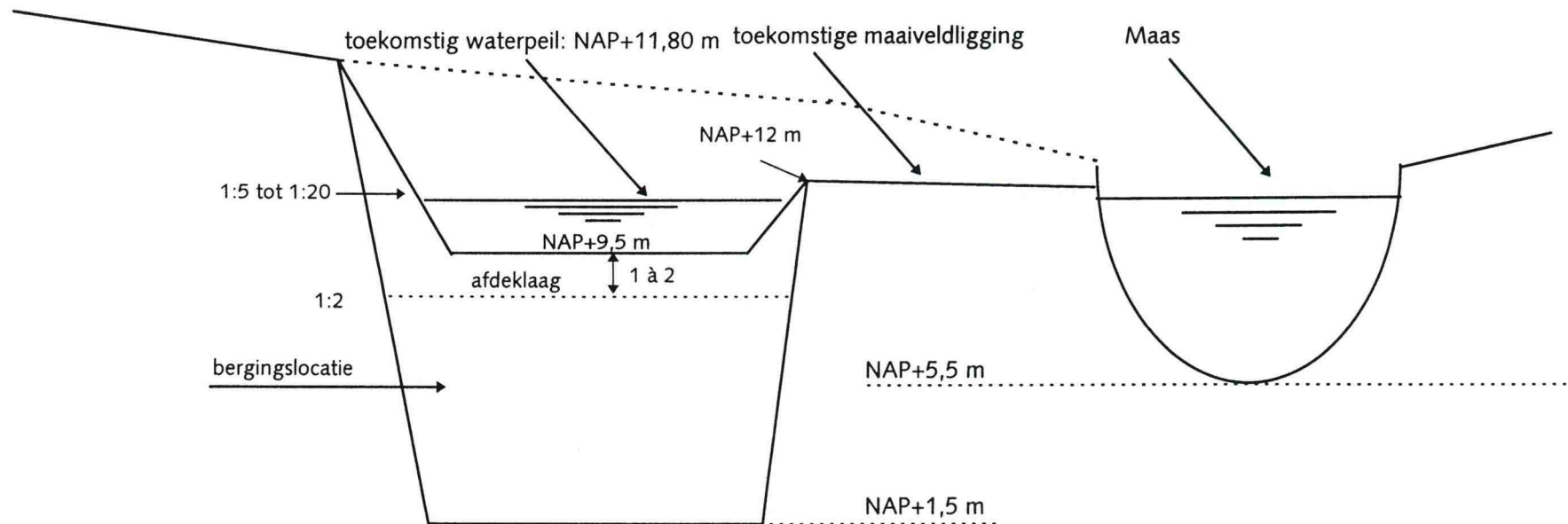
Principe doorsnede hoogwatergeul/bergingslocatie Well-Aijen, Variant 1 met gescheiden berging



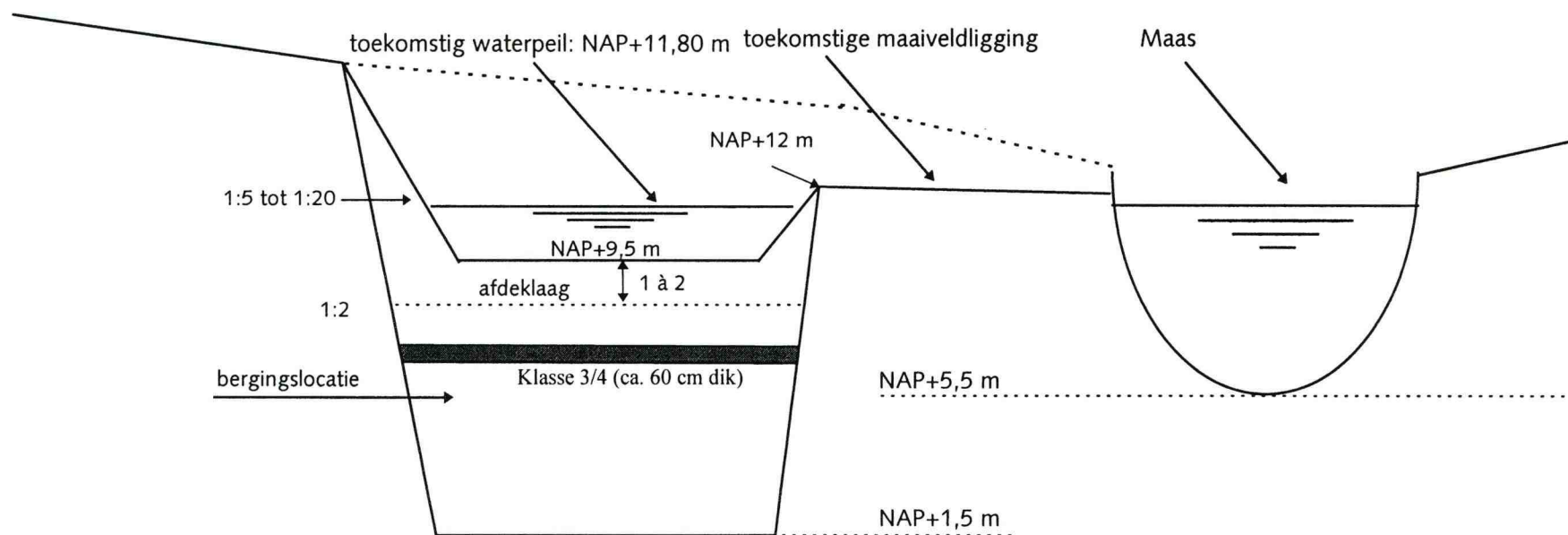
Principe doorsnede hoogwatergeul/bergingslocatie Ooijen, Variant 0



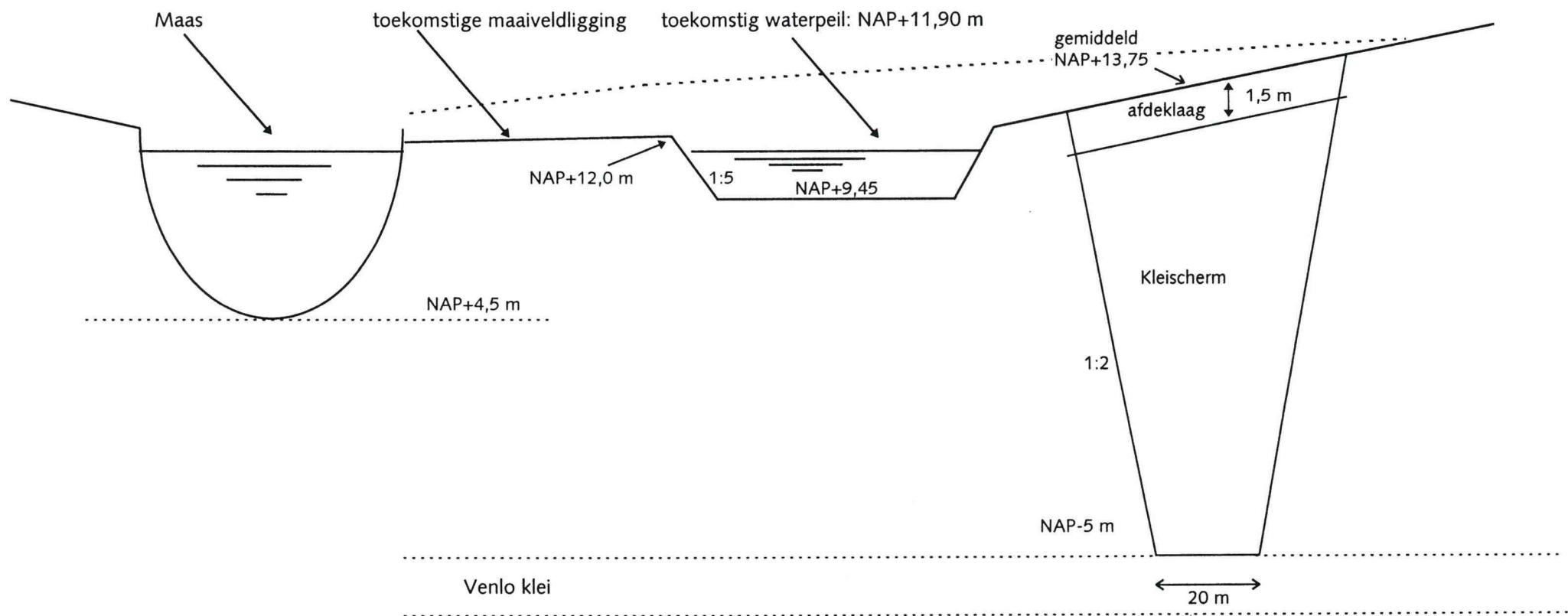
Principe doorsnede hoogwatergeul/bergingslocatie Ooijen, Variant 1



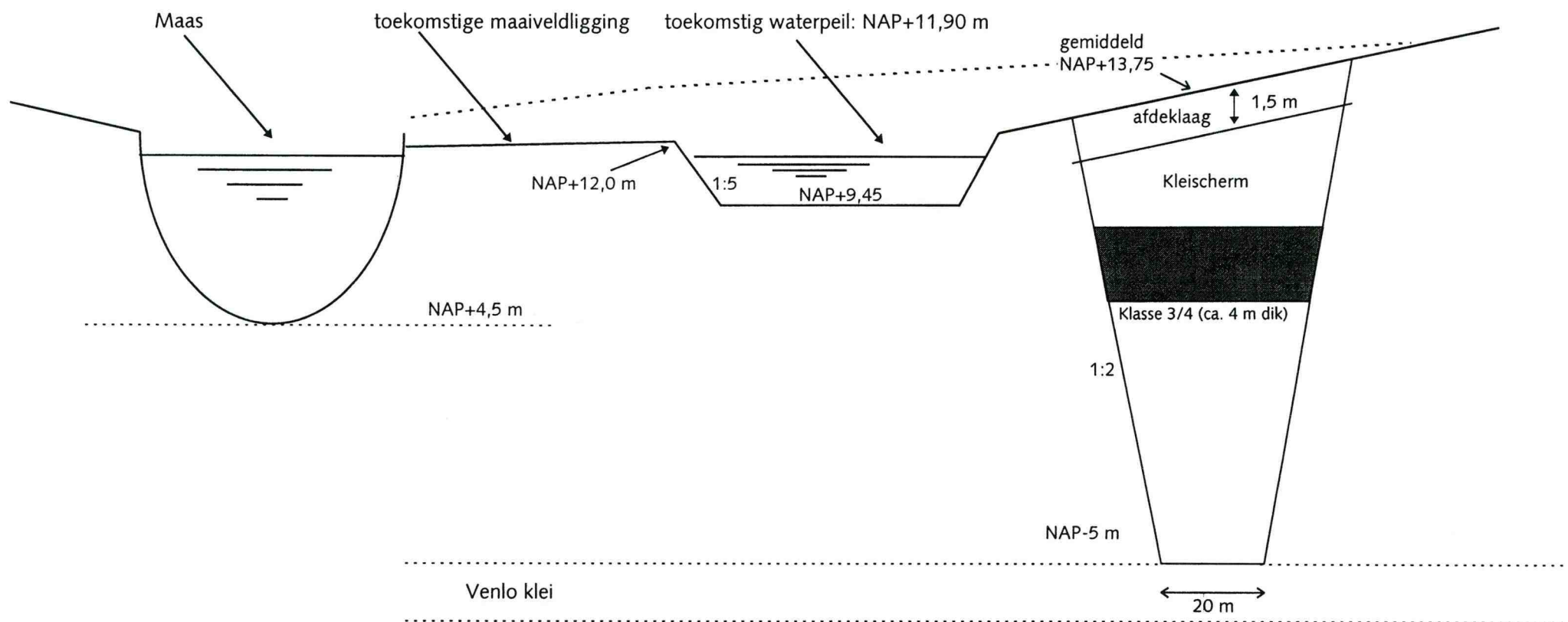
Principe doorsnede hoogwatergeul/bergingslocatie Ooijen, Variant 1 met gescheiden berging



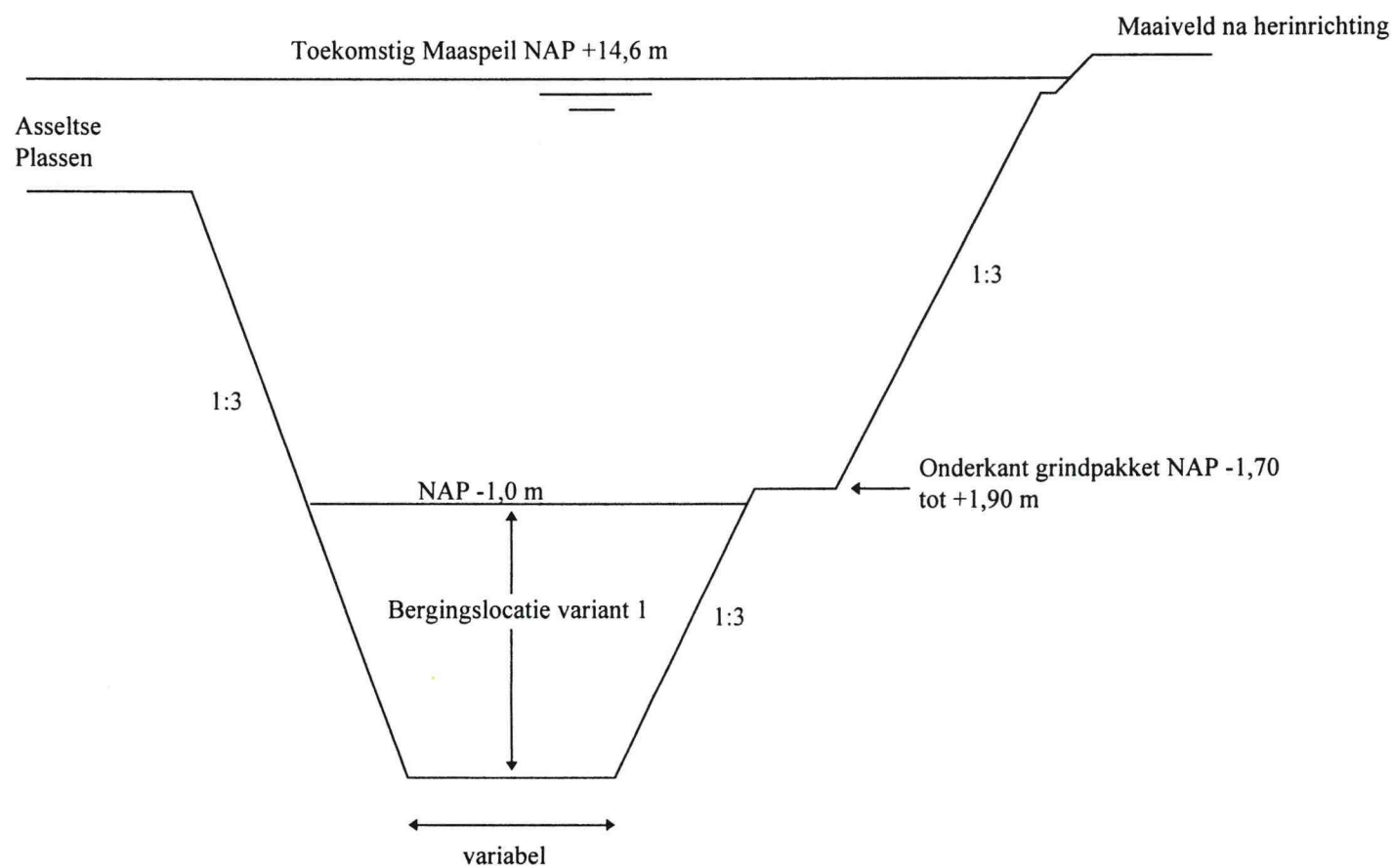
Principe doorsnede hoogwatergeul en kleisperm Lomm, Variant 1



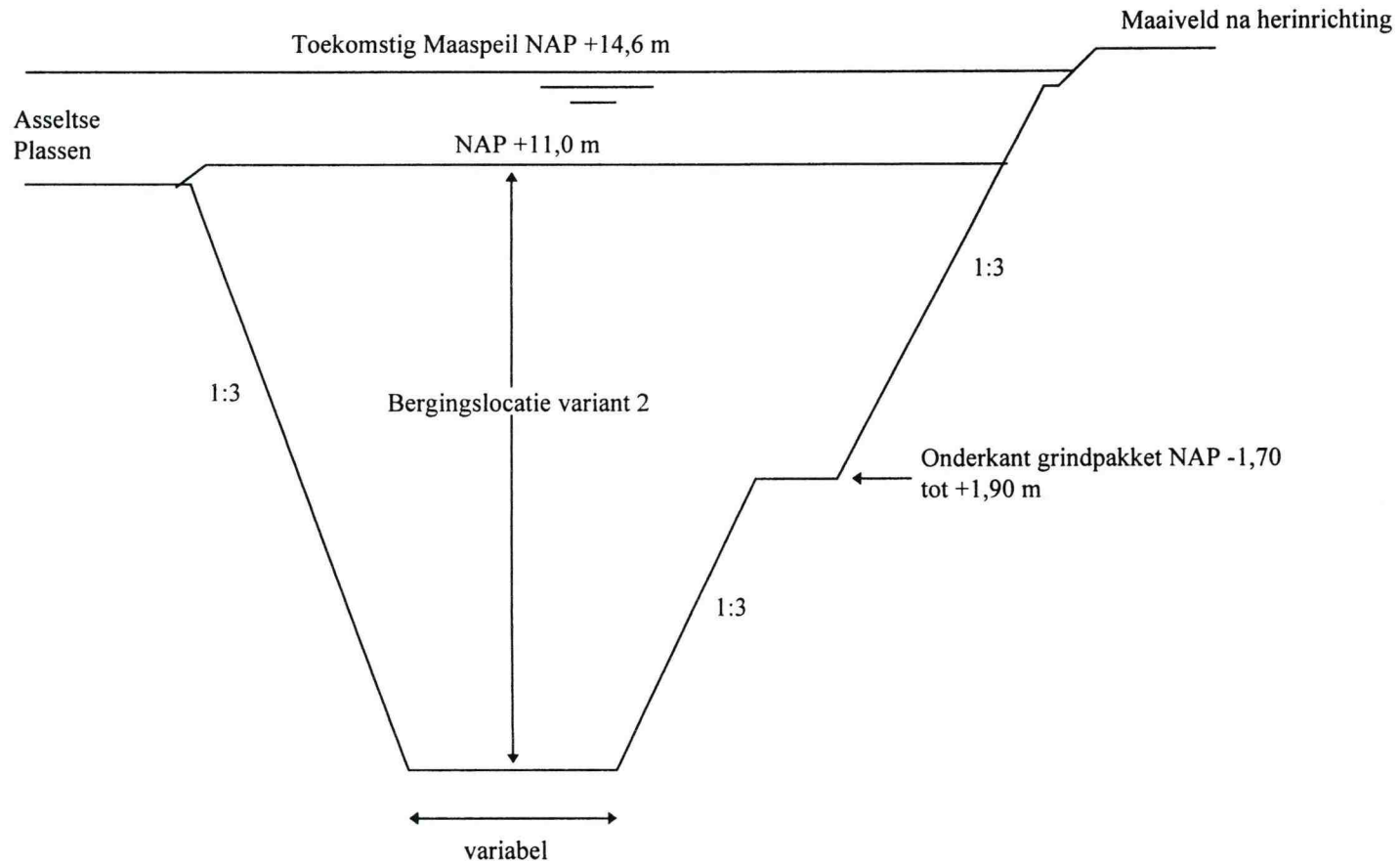
Principe doorsnede hoogwatergeul en kleisperm Lomm, Variant 1 met gescheiden berging



Principe doorsnede bergingslocatie Asseltse Plassen Zuid, Variant 1



Principe doorsnede bergingslocatie Asseltse Plassen Zuid, Variant 2



Principe doorsnede bergingslocatie Asseltse Plassen Zuid, Variant 2 met gescheiden berging

