

BIJLAGE 4.I.: NOTITIE 'CONSOLIDATIEBEREKENINGEN'

water
infrastructuur
milieu
bouw



Witteveen + Bos
van Twickelostraat 2
postbus 233
7400 AE Deventer
telefoon 0570 69 79 11
telefax 0570 69 73 44

opdrachtgever DWR
projectcode Asd442.1
project MER Verondieping Nieuwe Meer
onderwerp Consolidatieberekeningen
referentie/volgnnummer Definitief

aan Witteveen+Bos Projectleider MER

opgemaakt Ir. M.F.E. Wauben
datum 1 december 2000
bijlagen 2

INTRODUCTIE

Als baggerspecie wordt gestort, vormt het, ondanks dat die specie zo droog mogelijk wordt gebaggerd en wordt getransporteerd, een waterige massa. Die waterige massa gaat, na te zijn gestort, consolideren (= inklinken). Daarbij neemt het volume af, wordt de massa dichter en wordt het water uit het materiaal geperst, naar boven en naar beneden, richting oppervlaktewateren grondwater. De wijze en snelheid van consolideren is van belang voor:

- de bepaling van het volume baggerspecie dat in de loop van de tijd kan worden gestort;
- de berekeningen van de effecten op het grond en oppervlaktewater (zie de bijlagen 4.II., 4.III., 4.IV., 4.V., en 4.VI.); hiertoe zijn de volgende parameters van belang, die volgen uit de consolidatieberekeningen:
 - het verloop van het specieniveau in de tijd, met als resultaat de einddiepte;
 - de stortperiode in jaren waarin de einddiepte wordt bereikt;
 - de hoeveelheden uittredend consolidatiewater richting grond- en oppervlaktewater;
 - de hydraulische weerstand van de waterbodem tegen verspreiding van uittredend consolidatiewater.

Deze parameters worden in deze notitie berekend. Hiertoe wordt achtereenvolgens ingegaan op:

- de uitgangspunten voor de berekeningen (hoofdstuk 1), met als paragrafen:
 - het gebruikte computermodel;
 - de geohydrologische schematisatie;
 - de schematisatie van de putten waarin wordt gestort;
 - de speciesamenstelling.
- de berekeningsresultaten (hoofdstuk 2), met als paragrafen:
 - Alternatief 1: storten in het westelijk deel;
 - Alternatief 2: stoten in het oostelijk deel;
 - Alternatief 3: storten in het gehele meer;
- De gevoeligheidsanalyse (hoofdstuk 3);
- De evaluatie van de berekeningsresultaten (hoofdstuk 4).

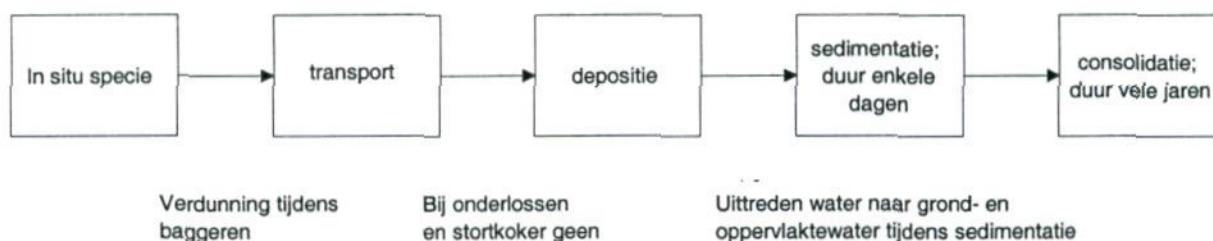
1. UITGANGSPUNTEN VOOR DE BEREKENINGEN

1.1. Het gebruikte computermodel

De consolidatieberekeningen worden uitgevoerd met behulp van het computerprogramma FS-CONBAG. Dit programma berekent het verloop van de speciehoopte in de loop van de tijd en de hoeveelheid water die uit de specie treedt. Het verloop van de speciehoopte in de tijd is afhankelijk van de jaarlijkse hoeveelheid specie en de volumeafname van de reeds gestorte specie ten gevolge van (verdere) consolidatie. De afstroming van water naar de ondergrond is afhankelijk van de uitpersing van water uit de gestorte specie en van de hydraulische gradiënt tussen het peil in het Nieuwe Meer en de Pleistocene zandlaag.

Voor het model zijn de volgende gegevens nodig:

- een geohydrologische schematisatie van het Nieuwe Meer;
- de hoeveelheid en de plaats van de te storten specie;
- de speciesamenstelling;
- de dichtheden van de specie, in-situ en tijdens de verwerking. Bij de bepaling van de dichtheid is uitgegaan van een bij het baggeren optredende lichte verdunning. Dit geldt voor zowel het storten via stortkokers als voor het storten met onderlossen. Bij beide stortmethodes wordt bij het storten geen extra water meer toegevoegd en treedt derhalve geen verdere verdunning meer op (afbeelding 1.1.). Dit in tegenstelling tot het verpompen van baggerspecie (hydraulisch transport) waar veel transportwater wordt toegevoegd en de verwerkingsdichtheid veel lager is.



Afbeelding 1.1.: Toevoeging en uittreding van water tijdens de specieverwerking

1.2. De geohydrologische schematisatie

In de omgeving van het Nieuwe Meer zijn voor de consolidatieberekeningen twee bodemlagen relevant, de Holocene en de Pleistocene laag (zie de notitie 'Modelberekeningen verspreiding van stoffen in het grondwater'). De geohydrologische uitgangspunten daarvan zijn weergegeven in tabel 1.1..

Tabel 1.1: Geohydrologische uitgangspunten

Laag	Bovenkant	Onderkant	Doorlatendheid	Weerstand	Stijghoogte
Holocene deklaag	Maaiveld	NAP -12 m	n.v.t.	1000 à 2000 dagen	NAP -0,60 m
Pleistocene zandlaag	NAP -12 m	Dieper dan NAP -100 m	45 m/dag	n.v.t.	NAP - 3,25 m

1.3. Hoeveelheden en plaats van de te storten specie

hoeveelheid van de te storten specie

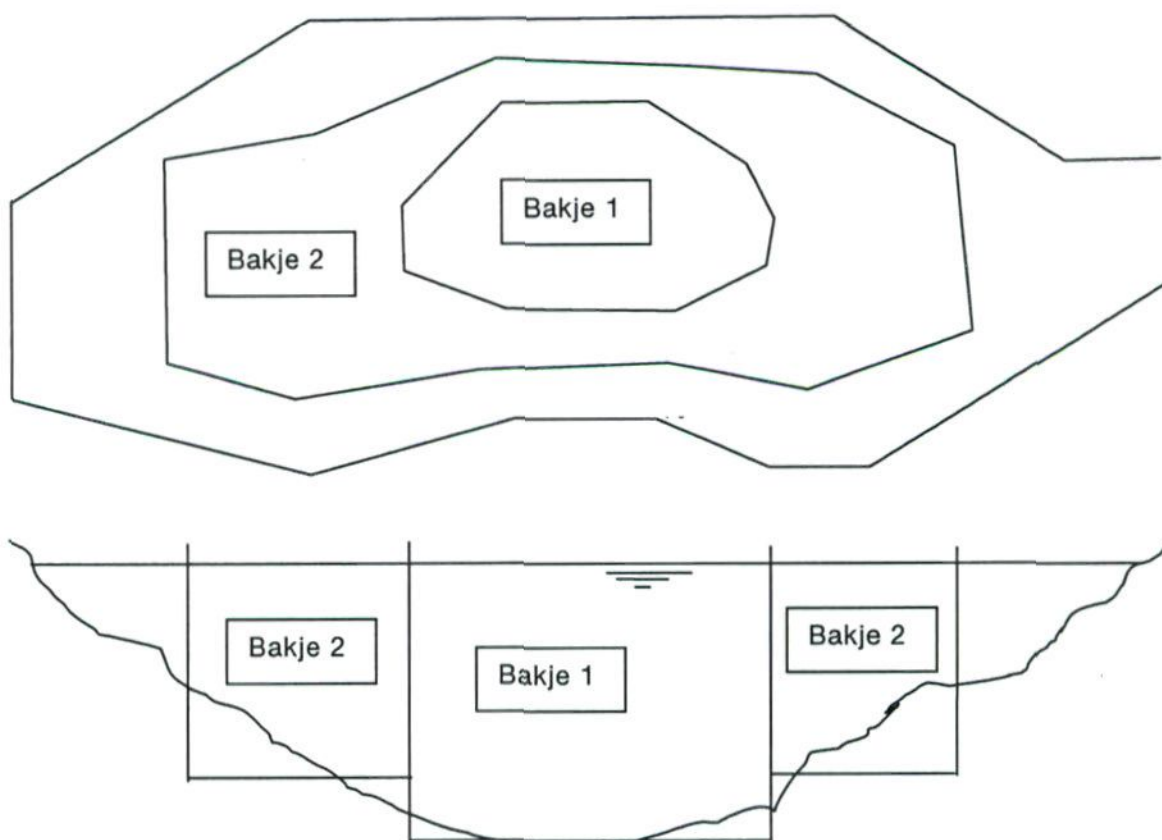
De hoeveelheden te storten specie kunnen variëren tussen de 20.000 en de 120.000 m³ per jaar (zie de notitie 'Randvoorwaarden en uitgangspunten'). De berekeningen worden in eerste instantie uitgevoerd voor een hoeveelheid van 60.000 m³ per jaar (notitie Randvoorwaarden en uitgangspunten).

ten). In tweede instantie wordt een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd voor de hoeveelheden 20.000 en 120.000 m³.

plaats van de te storten specie en putschematisatie

Als plaats voor de te storten specie worden drie mogelijkheden onderscheiden: in het westelijk deel, in het oostelijk deel en in de hele plas.

Voor de modelberekeningen met behulp van FSCONBAG is het noodzakelijk de plaatsen waarin de baggerspecie wordt verspreid, te schematiseren in een aantal 'bakjes', zie afbeelding 1.2.. In dit geval zijn voor iedere verspreidingslocatie (west en oost), twee bakjes onderscheiden, één voor het diepste gedeelte (de bodem) en één voor de minder diepe delen (de taluds). Dat is voor dit doel voldoende nauwkeurig. De afmetingen van de putten en de schematisatie daarvan zijn bepaald aan de hand van het Delft 2D - model van het Nieuwe Meer, dat is opgesteld voor de bepaling van de waterbeweging (zie de bijlagennotities 4.III. en 4.IV, de notities 'Uitgangspunten modellering waterbeweging' en 'Resultaten modelberekeningen waterbeweging').



Afbeelding 1.2. Schematisatie Nieuwe Meer

Het eerste bakje representeert het diepste deel van de put. Aan de hand van de beschikbare bodemprofielen van 1958 en 1983 is voor de *westelijke* put gekozen om het deel dat in 1983 dieper was dan circa 28 m te rekenen tot bakje 1. Voor de *oostelijke* put bestaat bakje 1 uit het gedeelte dat dieper is dan circa 25 m.

Omdat het verspreiden van specie mogelijk wordt gestopt bij een diepte van maximaal NAP -15 m, zijn de delen waarvan de diepte kleiner is dan 28 m (west) respectievelijk 25 m (oost) maar groter dan 15 m tot bakje 2 gerekend. Met behulp van het Delft 2D programma zijn de oppervlaktes en volumes van de bakjes bepaald.

Bij de schematisatie is er van uitgegaan dat in het westelijk deel van het meer tussen 1958 en 1983 circa 90.000 m³ per jaar is gestort (Omegam, 1984) en dat er in het oostelijk deel niet is gestort; in dat oostelijk deel ligt een laag specie van circa 1 m op de bodem. Dit uitgangspunt komt overeen met de bevindingen uit bijlage 4.VIII., het Onderzoek waterbodem en grondwater. De natuurlijke aanwas van specie is niet in de schematisatie meegenomen omdat de omvang en de verspreiding daarvan niet bekend is. Bovendien kan die natuurlijke aanwas eenvoudig van de te storten hoeveelheden worden afgetrokken. De berekeningsresultaten vormen, wat betreft de hoeveelheden, derhalve een overschatting. De resultaten van de schematisatie, deels volgend uit de resultaten van het Delft 2D programma, zijn weergegeven in tabel 1.2..

Tabel 1.2: Resultaten putschematisatie

Kenmerk	Westelijk deel				Oostelijk deel			
	Bakje 1		Bakje 2		Bakje 1		Bakje 2	
	1983	1958	1983	1958	1983	1958	1983	1958
Oppervlak (ha)	8,06		36,5		0,75		12,19	
Volume (miljoen m ³)	2,26		8,26		0,18		2,28	
Gemiddeld bodemniveau (m beneden NAP)	28,64	38,50	23,23	n.v.t.	24,60	25,60	19,30	20,30

Voor de consolidatieberekeningen wordt uitgegaan van de bodemniveaus zoals opgenomen in 1983. In het westelijk deel van het meer wordt rekening gehouden met een specielaag van circa 10 m (tabel 1.2). In het oostelijk deel van het meer wordt de reeds aanwezige sliblaag (circa 1 m) gezien als vaste ondergrond en niet meegenomen in de consolidatieberekening omdat de consolidatie van deze laag gering is ten opzichte van de op te brengen laag van 10 m. De afwijking die hiermee wordt geïntroduceerd is dan ook verwaarloosbaar.

1.4. Speciesamenstelling

samenstelling van de reeds gestorte specie

De samenstelling van de reeds gestorte specie is gelijk gesteld aan de gemiddelde fysische samenstelling van alle Amsterdamse species. Deze samenstelling is beschreven in de bijlagennotitie 2.I., de notitie 'Randvoorwaarden en uitgangspunten'. Op basis van deze gemiddelde fysische samenstelling is voor de berekeningen een parameterset gekozen die het beste past bij deze speciesamenstelling. Deze parameterset is gebaseerd op een groot aantal laboratoriumproeven die in het verleden zijn uitgevoerd ter bepaling van die berekeningsparameters. De gekozen set is YM16/3 (bijlage 1), met een fractie < 16 µm van 36,2%. Uit onderzoek (ref.1) is gebleken dat de 16 µm fractie een goede gidsparameter is voor het verloop van het consolidatieproces.

samenstelling van de nieuw te storten specie

Voor de nieuw te storten specie geldt dat de fysische speciesamenstelling van de Amsterdamse klasse 0, 1 en 2 specie nauwelijks afwijkt van de gemiddelde specie (bijlagennotitie 2.I., de notitie Randvoorwaarden en uitgangspunten). Voor de nieuw te storten specie wordt daarom gerekend met dezelfde parameterset als voor de reeds gestorte specie.

dichtheid en poriëngetal

Op basis van de fysische samenstelling van de gemiddelde species zijn zowel voor de bestaande als voor de te storten specie de dichtheden en de poriëngetallen berekend die van belang zijn voor de berekening. Deze parameters hangen samen met de status waarin de baggerspecie zich bevindt (afbeelding 1.1.). De berekeningsresultaten staan in tabel 1.3.. Deze dichtheden en poriëngetallen gelden voor alle berekeningen.

Tabel 1.3.: Dichtheden en poriëngetallen

Kenmerk	Samenstelling in-situ specie	Samenstelling specie tijdens depositie
Droge stof gehalte (%)	34,12	31 (een weinig verdund)
Dichtheid (kg/m ³)	1257	1230
Poriëngetal (e)	4,83	5,56

2. BEREKENINGSRESULTATEN

2.1. Aannames voor de berekeningen

begin van het consolidatieproces

In tabel 1.3. zijn de dichtheden en de poriëngetallen van de specie vermeld die gelden tijdens depositie in het Nieuwe Meer. Na de depositie zal de specie op de bodem belanden waarna er water uit de specie zal treden (ref. 4). Voor het begin van de consolidatieberekeningen is uitgegaan van een poriëngetal van 2,7. Dit komt overeen met een speciedichtheid van circa 1400 kg/m³. De reden voor het starten van de consolidatieberekeningen bij een kleiner poriëngetal dan vermeld in tabel 1.3. hangt samen met het uittreden van water tijdens het sedimentatieproces. Daarnaast is vanwege de stabiliteit van de modelberekeningen bij enkele berekeningen het poriëngetal verder verkleind. Door de berekeningen bij een kleiner poriëngetal te beginnen wordt de dikte van het bovenste laagje te klein aangenomen. Omdat de specie met zeer dunne laagjes zal worden gestort (minder dan 1 m per jaar) is de afwijking die hierdoor ontstaat echter verwaarloosbaar klein.

verloop berekening in de tijd

De tijdstippen waarop de berekeningen worden beëindigd en de delen van de plas waar de specie wordt gestort, worden bepaald aan de hand van de speciehoopte. Bij elke berekening wordt ervan uitgegaan dat wordt begonnen met storten in het diepste gedeelte van de plas. Zodra het bodemniveau van een volgend bakje in het model bereikt, wordt de specie over beide bakjes verspreid. Wanneer het specieniveau de gewenste eindhoogte heeft bereikt, wordt in de berekening gestopt met het storten van specie. De berekening wordt vervolgens voortgezet totdat het consolidatieproces is beëindigd.

onzekerheidsfactor

In alle berekeningen wordt een onzekerheidsfactor van 1,25 opgenomen voor afwijkingen ten gevolge van spreiding in de speciesamenstelling en variatie in de parameterbepaling voor een bepaalde speciesamenstelling. Daarnaast wordt een extra factor van 1,1 toegepast om rekening te houden met gasvorming in de reeds gestorte specie (ref. 3). Deze onzekerheidsfactor wordt vermenigvuldigd met de hoeveelheid specie die per tijdseenheid wordt gestort. Dit heeft voor de berekeningsresultaten tot gevolg dat:

- per tijdseenheid meer specie wordt aangevoerd dan de opgegeven hoeveelheid;
- het specieniveau sneller toeneemt dan zou volgen uit de opgegeven hoeveelheid;
- het eindniveau eerder is bereikt dan zou volgen uit de opgegeven hoeveelheid;
- de hoeveelheid water die per tijdseenheid uit de specie afstroomt groter is dan zou volgen uit de opgegeven hoeveelheid.

stortsnelheid

In de berekeningen wordt de hoeveelheid specie in m/jaar opgegeven. Deze stortsnelheid is gelijk aan de hoeveelheid m³ specie die wordt gestort, gedeeld door het oppervlak waarover deze baggerspecie wordt gestort, vermenigvuldigd met de veiligheidsfactor. Voor de consolidatieberekeningen wordt uitgegaan van het storten gedurende het gehele jaar. Omdat de consolidatie van baggerspecie een langdurig en traag verlopend proces is, is de invloed van (bijvoorbeeld) het storten van de jaarlijkse hoeveelheid specie in een half jaar op de consolidatie klein.

2.2. Berekeningsresultaten van de drie alternatieven

In eerste instantie zijn drie alternatieven berekend:

- storten in het westelijk deel;
- storten in het oostelijk deel;
- storten in het gehele meer.

2.2.1. Alternatief 1: Storten specie in het westelijke deel

stortverloop

Als de specie alleen wordt gestort in het westelijke deel worden in de berekening 6 periodes onderscheiden.

Tabel 2.1.: Stortverloop alternatief 1

Periode	Van	Tot	Omschrijving	Hoeveelheid te verspreiden specie (situ m ³ /jaar)
1	1962	1988	Storten reeds aanwezige specie in diepe deel van de westelijke put (bakje west-1)	90.000
2	1988	2000	Geen storten van specie, consolidatie van de reeds aanwezige specie	0
3	2000	2005	Storten van specie in diepe deel van de westelijke put (bakje west 1)	60.000
4	2005	2125	Storten van specie in gehele westelijke put (bakje west 1 en bakje west 2)	60.000
5	2125	2265	In 2125 is het maximale specieniveau bereikt. Geen storten van specie, aanwezige specie consolideert	0
6	Na 2265		Consolidatie beëindigd. Specie vormt een hydraulische weerstand tegen afstroming naar de Pleistocene zandlaag	0

berekeningsresultaten

De berekeningsresultaten voor alternatief 1 zijn beschreven in tabel 2.2. tot en met tabel 2.4.

Tabel 2.2.: Berekende speciehoogte alternatief 1

Tijdstip	Niveau bakje west-1 (m NAP)	Niveau bakje west-2 (m NAP)
1962	-38,50 (bodemniveau)	-23,23 (bodemniveau)
1988	-24,13	-23,23
2000	-24,89	-23,23
2005	-23,52	-23,23
2125	-16,77	-15,19
2265	-16,87	-15,22

Tabel 2.3.: Weerstand specie na consolidatie alternatief 1

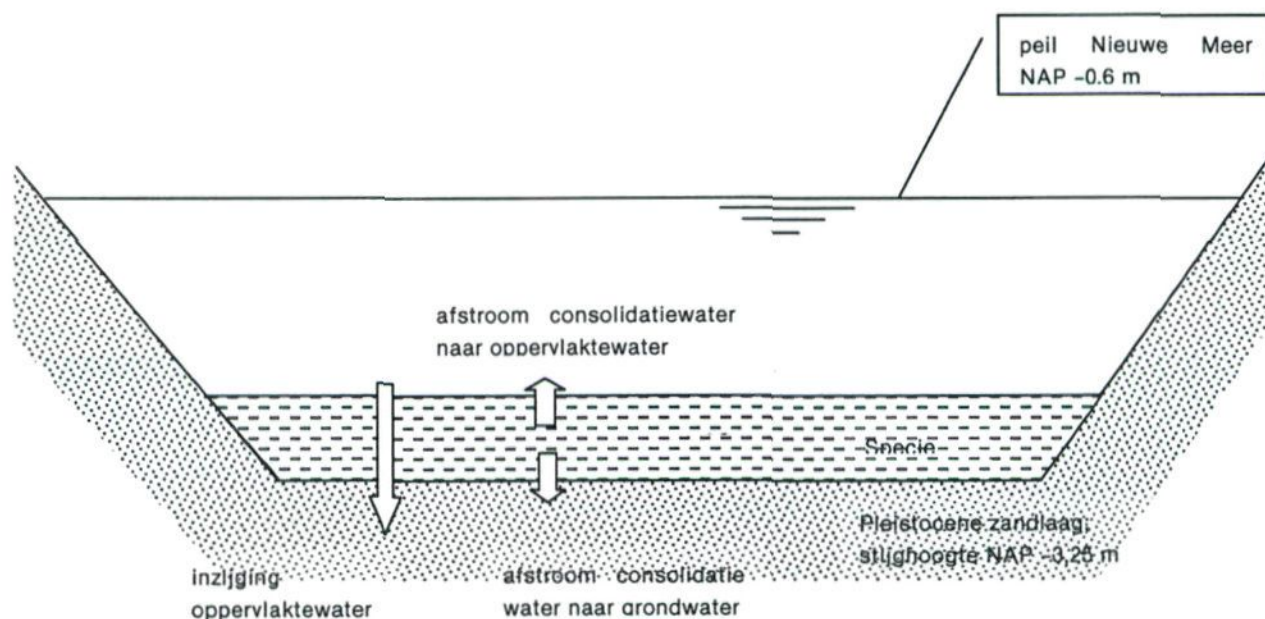
Weerstand specie in bakje west-1 (dagen)	Weerstand specie in bakje west-2 (dagen)
1,47x10 ⁵	3,76x10 ⁴

Tabel 2.4.: Afstroom naar het grond- en oppervlaktewater, alternatief 1

Periode (tot jaar)	Afstroom vanuit bakje west-1 (m/jaar)		Afstroom vanuit bakje west-2 (m/jaar)	
	naar grondwater	naar oppervlaktewater	Naar grondwater	Naar oppervlaktewater
1 (1988)	0,107	0,236	n.v.t.	n.v.t.
2 (2000)	0,024	0,039	n.v.t.	n.v.t.
3 (2005)	0,020	0,178	n.v.t.	n.v.t.

Periode (tot jaar)	Afstroom vanuit bakje west-1 (m/jaar)		Afstroom vanuit bakje west-2 (m/jaar)	
	naar grondwater	naar oppervlaktewater	Naar grondwater	Naar oppervlaktewater
4 (2125)	0,013	0,039	0,173	- 0,131
5 (2265)	0,007	- 0,006	0,025	- 0,025
6	0,007	- 0,007	0,026	- 0,026

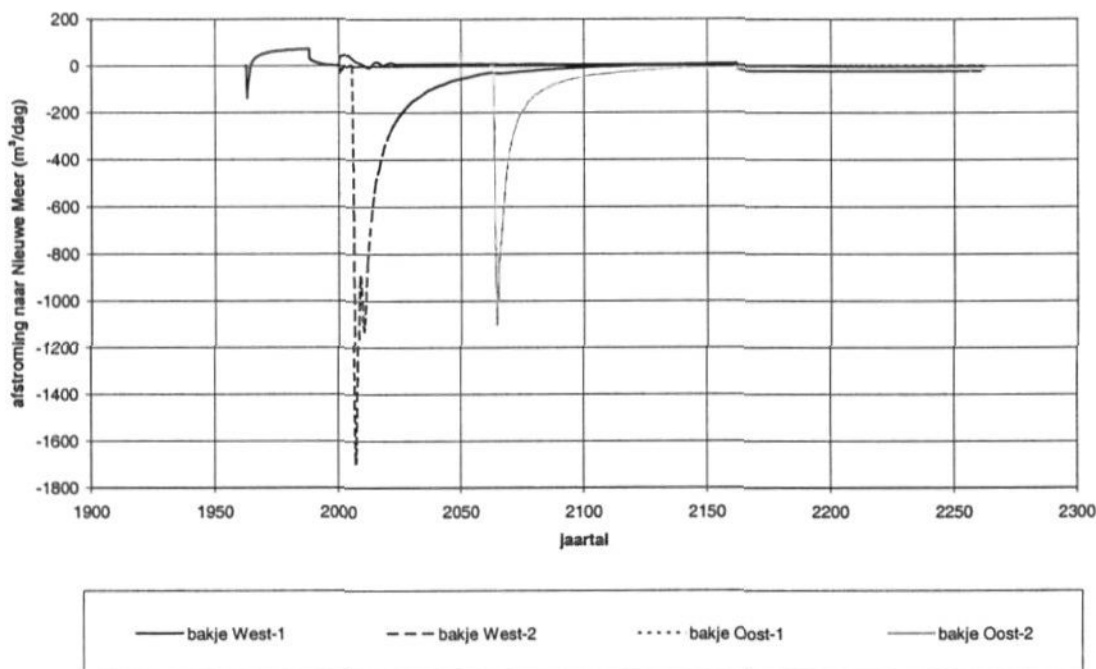
Bij de afstroom naar het oppervlaktewater treden negatieve getallen op, zie tabel 2.4.. Dit betekent dat er een *per saldo een inzijging plaatsvindt vanuit het Nieuwe Meer naar het grondwater*, ten gevolge van het stijghoogteverschil tussen het Nieuwe Meer en de pleistocene zandlaag. Dit saldo bestaat uit een afstroom van consolidatiewater naar het grondwater en een afstroom van consolidatiewater naar het oppervlaktewater, zie afbeelding 2.1..



Afbeelding 2.1.: Afstroom van water uit de specie

In afbeelding 2.2. zijn de tijdelijke pieken zichtbaar van de afstroming naar het grondwater en het oppervlaktewater. Deze worden veroorzaakt doordat de speciedikte aan het begin van de stortperiode 0 is waardoor er in de waterbodem géén hydraulische weerstand aanwezig is tegen inzijging van oppervlaktewater naar het grondwater. Door opbouw van de hydraulische weerstand neemt de inzijging af.

Afstroom naar het oppervlaktewater Nieuwe Meer



Afbeelding 2.2.: Afstroming naar het oppervlaktewater, alternatief 1

conclusie

Bij het storten van specie in het westelijke deel van het Nieuwe Meer kan er bij een aanvoer van 60.000 in-situ m³ specie en een maximaal specieniveau van circa NAP -15 m gedurende circa 125 jaar specie worden gestort. De totale hoeveelheid specie bedraagt dan circa 7,5 miljoen situ-m³.

2.2.2. Alternatief 2: Storten specie in het oostelijke deel

stortverloop alternatief 2

In het oostelijke deel van het Nieuwe Meer is nog geen baggerspecie gestort. De aanwezige sli-blaag heeft een dikte van circa 1 m en wordt in de consolidatieberekeningen niet apart in rekening gebracht. In dit alternatief worden voor de berekening 4 periodes onderscheiden.

Tabel 2.5.: Stortverloop alternatief 2

Periode	Van	Tot	Omschrijving	Hoeveelheid te versprei- den specie (situ m ³ /jaar)
1	2000	2001	Storten van specie in diepe deel van de oostelijke put (bakje oost 1)	60.000
2	2001	2020	Storten van specie in gehele oostelijke put (bakje oost 1 en bakje oost 2)	60.000
3	2020	2300	In 2020 is het maximale specieniveau bereikt. Geen verdere stort specie, de aanwezige specie consolideert	0
4	na 2300		Consolidatie beëindigd Specie vormt een hydraulische weerstand tegen afstroming naar de Pleistocene zandlaag	0

berekeningsresultaten

De berekeningsresultaten voor alternatief 2 zijn beschreven in tabel 2.6. tot en met 2.8..

Tabel 2.6.: Berekende speciehoogte alternatief 2

Tijdstip	Niveau bakje oost-1 (m NAP)	Niveau bakje oost-2 (m NAP)
2000	-24,60 (bodemniveau)	-19,30 (bodemniveau)
2001	-18,61	-19,30
2020	-15,44	-14,58
2300	-15,62	-14,65

Tabel 2.7.: Weerstand specie na consolidatie alternatief 2

Weerstand specie in bakje oost-1 (dagen)	Weerstand specie in bakje oost-2 (dagen)
4,14x10 ⁴	1,72x10 ⁴

Tabel 2.8.: Afstroom naar het grond- en oppervlaktewater, alternatief 2

Periode (tot jaar)	Afstroom vanuit bakje oost-1 (m/jaar)		Afstroom vanuit bakje oost-2 (m/jaar)	
	naar grondwater	naar oppervlaktewater	Naar grondwater	naar oppervlaktewater
1 (2001)	0,558	1,010	n.v.t.	n.v.t.
2 (2020)	0,062	0,149	0,365	-0,245
3 (2300)	0,025	-0,021	0,056	-0,056
4 (na 2300)	0,022	-0,022	0,055	-0,055

conclusie

Uit de berekening blijkt dat bij het storten van specie in de oostelijke put er na circa 20 jaar een specieniveau van circa NAP -15 m is bereikt. De aanvoer van specie bedraagt wederom 60.000 m³/jaar. De totale hoeveelheid specie die kan worden gestort, bedraagt in dit geval circa 1,3 miljoen m³.

2.2.3. Alternatief 3: Storten van specie in de hele plas**stortverloop alternatief 3**

Voor de consolidatieberekeningen wordt de berekening opgedeeld in 7 periodes, zie tabel 2.9..

Tabel 2.9.: Stortverloop alternatief 3

Periode	Van	Tot	Omschrijving	Hoeveelheid te verspreiden specie (situ m3/jaar)
1	1958	1988	Storten van reeds aanwezige specie in diepe deel van de westelijke put (bakje west-1)	90.000
2	1988	2000	Geen storting van specie, de reeds aanwezige specie consolideert	0
3	2000	2005	Storten van specie in het diepe deel van de westelijke en de oostelijke put	60.000
4	2005	2065	Storten van specie in gehele westelijke put en in het diepe deel van de oostelijke put	60.000
5	2065	2165	Storten van specie in gehele westelijke put en in de gehele oostelijke put	60.000
6	2165	2265	In circa 2165 is het maximale specieniveau bereikt. Geen verdere storting van specie meer, aanwezige specie consolideert	0

Periode	Van	Tot	Omschrijving	Hoeveelheid te verspreiden specie (situ m3/jaar)
7	Na 2265		Consolidatie beëindigd. Specie heeft een hydraulische weerstand tegen afstroming naar Pleistocene zandlaag	0

berekeningsresultaten

De berekeningsresultaten zijn weergegeven in de onderstaande tabellen en afbeeldingen.

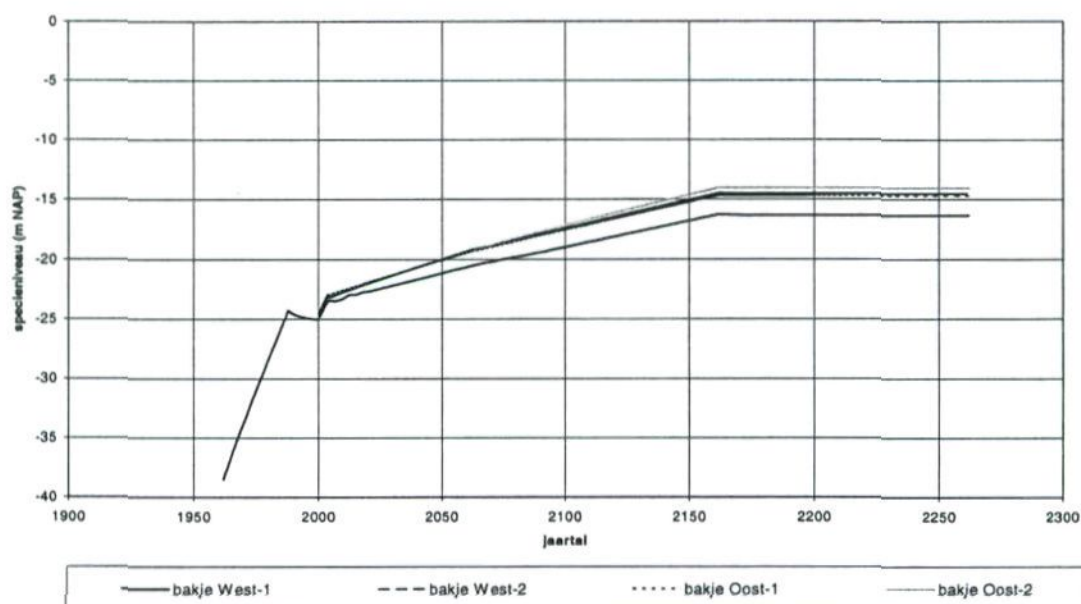
Tabel 2.10.: Berekenende speciehoopte alternatief 3

Tijdstip	Niveau bakje west-1 (m NAP)	Niveau bakje west-2 (m NAP)	Niveau bakje oost-1 (m NAP)	Niveau bakje oost-2 (m NAP)
1962	-38,50 (bodemniveau)	-23,23 (bodemniveau)	-24,60 (bodemniveau)	-19,30 (bodemniveau)
1988	-24,26	-23,23	-24,60	-19,30
2000	-25,01	-23,23	-24,60	-19,30
2005	-23,47	-23,23	-22,99	-19,30
2065	-20,55	-19,22	-19,33	-19,30
2165	-16,26	-14,50	-14,67	-14,05
2265	-16,34	-14,53	-14,71	-14,06

Tabel 2.11.: Weerstand specie na consolidatie alternatief 3

Weerstand specie in bakje west-1 (dagen)	Weerstand specie in bakje west-2 (dagen)	Weerstand specie in bakje oost-1 (dagen)	Weerstand specie in bakje oost-2 (dagen)
$1,52 \times 10^5$	$4,2 \times 10^4$	$5,05 \times 10^4$	$2,04 \times 10^4$

Verloop specieniveau alternatief 1, storten hele plas



Afbeelding 2.3.: Verloop specieniveau, alternatief 3

Uit deze afbeelding blijkt duidelijk dat, na de eerste omvangrijke stortingen tot 1988, in de jaren daarna een consolidatie optrad. De jaarlijkse stortingen in de toekomst zijn geringer van omvang. In de afbeelding komt dat tot uitdrukking in een langzame toename van het specieniveau, waarin de consolidatie is verdisconteerd. Bij het stoppen van het storten in 2165, treedt nog een kleine extra consolidatie op.

Tabel 2.12.: Afstroom naar het grond- en oppervlaktewater, alternatief 3

Periode, (tot jaar)	Afstroom vanuit bak- je west-1 (m/jaar)		Afstroom vanuit bak- je west-2 (m/jaar)		Afstroom vanuit bak- je oost-1 (m/jaar)		Afstroom vanuit bak- je oost-2 (m/jaar)	
	naar grond- water	Naar opper- vlakte- water	Naar grond- water	naar opper- vlakte- water	Naar grond- water	Naar opper- vlakte- water	naar grond- water	Naar opper- vlakte- water
1 (1988)	0,113	0,227	n.v.t. ¹	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2 (2000)	0,023	0,038	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3 (2005)	0,020	0,193	n.v.t.	n.v.t.	0,600	-0,425	n.v.t.	n.v.t.
4 (2065)	0,014	0,035	0,299	-0,248	0,103	-0,059	n.v.t.	n.v.t.
5 (2165)	0,0095	0,030	0,0408	-0,006	0,0315	-0,040	0,3014	-0,271
6 (2265)	0,0065	-0,010	0,0231	-0,023	0,0192	-0,019	0,0474	-0,047
7	0,0062	-0,0062	0,0230	-0,023	0,0190	-0,019	0,0474	-0,048

conclusie

Bij verspreiding van de specie over de gehele plas kan bij een aanvoer van 60.000 situ-m³ gedurende circa 165 jaar specie worden gestort. Op dat moment is een speciehoogte van gemiddeld circa NAP -15 m bereikt. In deze periode kan een totale hoeveelheid van circa 9,7 miljoen situ-m³ specie worden gestort.

¹ Er is nog geen specie in dit deel van de put aanwezig; afstroom naar de ondergrond volgt uit het grondwatermodel

3. GEVOELIGHEIDSANALYSE

3.1. Aanpassingen parametersets

Voor de bepaling van de effecten van wijzigingen in de verspreidingsscenario's is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. Bij deze gevoeligheidsanalyse zijn de verschillende parameters gevarieerd. De gevoeligheidsanalyse heeft betrekking op het specieniveau, het jaarlijkse volume en op de speciesamenstelling (tabel 3.1.).

Tabel 3.1: Parametersets

Alternatief	Uitvoeringsalternatief	Aangepaste parameter t.o.v. hoofdalternatief
Alternatief 1A	Verspreiden in westelijke deel	Maximaal specieniveau circa NAP -7,5 m
Alternatief 1B	Verspreiden in westelijke deel	Maximaal specieniveau circa NAP -20 m
Alternatief 1C	Verspreiden in westelijke deel	Jaarlijks volume te verspreiden specie 20.000 m3
Alternatief 1D	Verspreiden in westelijke deel	Jaarlijks volume te verspreiden specie 120.000 m3
Alternatief 3A	Verspreiden specie in hele plas	Samenstelling reeds verspreide specie
Alternatief 3B	Verspreiden specie in hele plas	Samenstelling te verspreiden specie

3.2. Alternatief 1A, maximaal specieniveau NAP -7,5m

uitgangspunten

Voor het berekenen van het verspreiden van de specie tot een maximaal niveau van NAP -7,5 m is het model van het westelijke deel uitgebreid met een derde bakje. Dit derde bakje representeert het deel van de plas met een bodemniveau tussen NAP -15 m en NAP -7,5 m. Het derde bakje heeft de volgende kenmerken:

- Oppervlak 9,69 ha
- Volume 1,39 miljoen m3
- Gemiddeld bodemniveau NAP -14,31 m

Omdat de scheiding tussen de Pleistocene zandlaag en het bovenliggende Holocene pakket op circa NAP -12,00 m ligt, is het stijghoogteverschil aangepast op basis van een lineaire interpolatie. Tussen NAP -12 en NAP -15 bedraagt de stijghoogte in het onderliggende Pleistocene pakket circa NAP -3,25 m. In het Holocene pakket bedraagt de stijghoogte circa NAP -0,60 m, gelijk aan het peil in het Nieuwe Meer. Dit leidt tot een stijghoogteverschil van 2,65 m voor de laag tussen NAP -12 m en NAP -15 m. Tussen de scheidingslaag op NAP -12 m en het stortniveau op NAP -7,5 m is het stijghoogteverschil 0. Het verloop van de verspreiding is opgenomen in tabel 3.2..

Tabel 3.2.: Verloop verspreiding alternatief 1A, maximaal specieniveau NAP -7,5 m

Periode	Van	Tot	Omschrijving	Hoeveelheid te verspreiden specie (situ m ³ /jaar)
1	1962	1988	Storten van reeds aanwezige specie in diepe deel van de westelijke put (bakje west-1)	90.000
2	1988	2000	geen stort van specie, de reeds aanwezige specie consolideert	0
3	2000	2005	Storten van specie in het diepe deel van de westelijke put (bakje west 1)	60.000
4	2005	2135	Storten van specie in bakje west 1 en bakje west 2	60.000
5	2135	2260	Storten van specie in gehele westelijke plas (storten van bakje west 1, bakje west 2 en bakje west 3)	60.000
6	2260	2460	In 2260 is het maximale specieniveau be-	0

Periode	Van	Tot	Omschrijving	Hoeveelheid te verspreiden specie (situ m ³ /jaar)
			reikt. Geen stort van specie, aanwezige specie consolideert	
7	na 2460		Consolidatie beëindigd. Specie vormt een hydraulische weerstand.	0

berekeningsresultaten

De resultaten van de berekening zijn weergegeven in tabel 3.3. tot en met 3.5..

Tabel 3.3.: Berekende speciehoopte alternatief 1A, maximaal specieniveau NAP -7,5 m

Tijdstip	Niveau bakje west-1 (m NAP)	Niveau bakje west-2 (m NAP)	Niveau bakje west-3 (m NAP)
1962	-38,50 (boderniveau)	-23,23 (boderniveau)	-14,31 (boderniveau)
1988	-23,99	-23,23	-14,31
2000	-24,74	-23,23	-14,31
2005	-23,40	-23,23	-14,31
2135	-16,11	-14,54	-14,31
2260	-10,40	-8,46	-7,26
2460	-10,50	-8,52	-7,29

Tabel 3.4.: Weerstand specie na consolidatie alternatief 1A, maximaal specieniveau NAP -7,5 m

Weerstand specie in bakje west-1 (dagen)	Weerstand specie in bakje west-2 (dagen)	Weerstand specie in bakje west-3 (dagen)
2,7x10 ⁵	8,81x10 ⁴	2,92x10 ⁴

Tabel 3.5.: Afstroom naar grond- en oppervlaktewater alternatief 1A, max niveau NAP -7,5 m

Tijdstip (tot jaartal)	Afstroom vanuit bakje west-1 (m/jaar)		Afstroom vanuit bakje west-2 (m/jaar)		Afstroom vanuit bakje west-3 (m/jaar)	
	Naar grondwater	naar oppervlaktewater	naar grondwater	Naar oppervlaktewater	Naar grondwater	naar oppervlaktewater
1 (1988)	0,098	0,226	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2 (2000)	0,023	0,039	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3 (2005)	0,020	0,175	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
4 (2135)	0,012	0,036	0,124	-0,088	n.v.t.	n.v.t.
5 (2260)	0,007	0,030	0,018	-0,018	0,162	-0,128
6 (2460)	0,005	-0,004	0,011	-0,011	0,020	-0,020
7	0,005	-0,005	0,011	-0,011	0,020	-0,020

conclusie

In het geval er specie wordt gestort tot een niveau van circa NAP -7,5 m dan kan er bij een aanvoer van 60.000 m³/jaar in-situ specie gedurende ongeveer 260 jaar specie worden gestort. De totale hoeveelheid gestorte specie is dan circa 15,6 miljoen situ-m³.

3.3. Alternatief 1B, maximaal specieniveau NAP -20 m

In alternatief 1B wordt de consolidatie van de specie berekend voor het geval er wordt gestopt met verspreiden bij een maximaal specieniveau van NAP -20 m. De aanvoer bedraagt 60.000 situ- m^3 /jaar. Het verloop van de verspreiding staat in tabel 3.6., de berekeningsresultaten in de tabellen 3.7. tot en met 3.9..

Tabel 3.6.: Verloop verspreiding alternatief 1B, maximaal specieniveau NAP -20 m

Periode	Van	Tot	Omschrijving	Hoeveelheid te verspreiden specie (situ m^3 /jaar)
1	1962	1988	Verspreiden reeds aanwezige specie in diepe deel van de westelijke put (bakje west-1)	90.000
2	1988	2000	geen verspreiding specie, consolidatie van de reeds aanwezige specie	0
3	2000	2005	Verspreiden specie in diepe deel van de westelijke put (bakje west 1)	60.000
4	2005	2050	Verspreiden specie in bakje west 1 en bakje west 2	60.000
5	2050	2260	in 2050 is het maximale specieniveau bereikt. Geen verspreiding specie, consolidatie aanwezige specie	0
6	Na 2260		Consolidatieproces is beëindigd de aanwezige specie vormt een hydraulische weerstand tegen afstroming naar de ondergrond	0

Tabel 3.7.: Berekende speciehoogte alternatief 1B, maximaal specieniveau NAP -20 m

Tijdstip	Niveau bakje west-1 (m NAP)	Niveau bakje west-2 (m NAP)
1962	-38,50 (bodemniveau)	-23,23 (bodemniveau)
1988	-24,12	-23,23
2000	-24,90	-23,23
2005	-23,43	-23,23
2110	-21,01	-19,85
2260	-21,09	-19,86

Tabel 3.8.: Weerstand specie na consolidatie alternatief 1B, maximaal specieniveau NAP -20 m

Weerstand specie in bakje west-1 (dagen)	Weerstand specie in bakje west-2 (dagen)
$1,10 \times 10^5$	$1,09 \times 10^4$

Tabel 3.9.: Afstroom naar grond- en oppervlaktewater alternatief 1B, max niveau NAP -20 m

Periode (tot jaartal)	Afstroom vanuit bakje west-1 (m/jaar)		Afstroom vanuit bakje west-2 (m/jaar)	
	Naar grondwater	naar oppervlaktewater	Naar grondwater	Naar oppervlaktewater
1 (1988)	0,114	0,228	n.v.t.	n.v.t.
2 (2000)	0,024	0,041	n.v.t.	n.v.t.
3 (2005)	0,020	0,183	n.v.t.	n.v.t.
4 (2050)	0,013	0,042	0,526	-0,179
5 (2260)	0,009	-0,008	0,089	-0,149

Periode (tot jaartal)	Afstroom vanuit bakje west-1 (m/jaar)		Afstroom vanuit bakje west-2 (m/jaar)	
	Naar grondwater	naar oppervlaktewater	Naar grondwater	Naar oppervlaktewater
6	0,009	-0,009	0,088	-0,088

conclusie

Bij een aanvoer van 60.000 m³ wordt het specieniveau van NAP -20 m bereikt na circa 50 jaar. In die periode kan circa 3,0 miljoen situ-m³ worden gestort.

3.4. Alternatief 1C, aanvoer specie 20.000 m³/jaar

De invloed van een verlaging van de hoeveelheid specie die jaarlijks wordt aangevoerd wordt berekend in alternatief 2C. De aanvoer bedraagt 20.000 situ-m³/jaar. Het verloop van de verspreiding staat in tabel 3.10., de berekeningsresultaten in de tabellen 3.11. tot en met 3.13..

Tabel 3.10.: Verloop verspreiding alternatief 1C, aanvoer specie 20.000 m³/jaar

Periode	Van	Tot	Omschrijving	Hoeveelheid te verspreiden specie (situ m ³ /jaar)
1	1962	1988	Storten van reeds aanwezige specie in diepe deel van de westelijke put (bakje west-1)	90.000
2	1988	2000	Geen storten van specie, de reeds aanwezige specie consolideert	0
3	2000	2022	Storten van specie in diepe deel van de westelijke put (bakje west 1). In circa 2022 is het bodemniveau van bakje 2 bereikt;	20.000
4	2020	2360	Storten van specie in bakje west 1 en bakje west 2;	20.000
5	2360	2460	in ongeveer 2360 is het maximale specieniveau bereikt. Er wordt geen specie meer verspreid, aanwezige specie consolideert;	0
6	Na 2460		Consolidatieproces is beëindigd de aanwezige specie vormt een hydraulische weerstand tegen afstroming naar de ondergrond;	0

Tabel 3.11.: Berekende speciehoopte alternatief 1C, aanvoer specie 20.000 m³/jaar

Tijdstip	Niveau bakje west-1 (m NAP)	Niveau bakje west-2 (m NAP)
1962	-38,50 (bodemniveau)	-23,23 (bodemniveau)
1988	-24,04	-23,23
2000	-24,80	-23,23
2020	-22,61	-23,23
2360	-16,42	-15,84
2460	-16,44	-15,85

Tabel 3.12.: Weerstand specie na consolidatie alternatief 1C, aanvoer specie 20.000 m³/jaar

Weerstand specie in bakje west-1 (dagen)	Weerstand specie in bakje west-2 (dagen)
1,51x10 ⁵	3,37x10 ⁴

Tabel 3.13.: Afstroom naar grond- en oppervlaktewater alternatief 1C, aanvoer 20.000 m³/jaar

Periode (tot jaartal)	Afstroom vanuit bakje west-1 (m/jaar)		Afstroom vanuit bakje west-2 (m/jaar)	
	naar grondwater	naar oppervlaktewater	Naar grondwater	naar oppervlaktewater
1 (1988)	0,106	0,239	n.v.t.	n.v.t.
2 (2000)	0,024	0,039	n.v.t.	n.v.t.
3 (2020)	0,017	0,070	n.v.t.	n.v.t.
4 (2360)	0,009	0,006	0,189	-0,176
5 (2460)	0,006	-0,006	0,029	-0,029
6	0,006	-0,006	0,029	-0,029

conclusie

Bij een aanvoer van 20.000 m³ wordt het maximale specieniveau van NAP -15 m bereikt na circa 360 jaar. In die periode kan circa 7,2 miljoen situ-m³ worden gestort.

3.5. Alternatief 1D, aanvoer specie 120.000 m³/jaar

De invloed van een grotere aanvoer van specie is berekend in alternatief 1D. Deze grotere aanvoer bedraagt 120.00 situ-m³/jaar. Het verloop van de verspreiding staat in tabel 3.14., de berekeningsresultaten in de tabellen 3.15. tot en met 3.17..

Tabel 3.14.: Verloop berekening alternatief 1D, aanvoer specie 120.000 m³/jaar

Periode	Van	Tot	Omschrijving	Hoeveelheid te verspreiden specie (situ m ³ /jaar)
1	1962	1988	Storten van reeds aanwezige specie in diepe deel van de westelijke put (bakje west-1)	90.000
2	1988	2000	Geen storten van specie, de reeds aanwezige specie consolideert	0
3	2000	2002	Storten van specie in diepe het deel van de westelijke put (bakje west 1). In 2002 is het bodemniveau van bakje 2 bereikt en wordt verder gestort in het gehele westelijke deel van het Nieuwe Meer;	120.000
4	2002	2065	Storten van specie in bakje west 1 en bakje west 2;	120.000
5	2065	2260	In ongeveer 2065 is het maximale specieniveau bereikt. Er wordt geen specie meer gestort, aanwezige specie consolideert;	0
6	Na 2260		Consolidatieproces is beëindigd de aanwezige specie vormt een hydraulische weerstand tegen afstroming naar de ondergrond.	0

Tabel 3.15.: Berekende speciehoogte alternatief 1D, aanvoer specie 120.000 m³/jaar

Tijdstip	Niveau bakje west-1 (m NAP)	Niveau bakje west-2 (m NAP)
1962	-38,50 (bodemniveau)	-23,23 (bodemniveau)
1988	-24,14	-23,23
2000	-24,89	-23,23
2002	-22,93	-23,23
2065	-16,19	-14,99
2260	-15,11	-13,67

Tabel 3.16.: Weerstand specie na consolidatie alternatief 1D, aanvoer specie 120.000 m³/jaar

Weerstand specie in bakje west-1 (dagen)	Weerstand specie in bakje west-2 (dagen)
1,63x10 ⁵	4,82x10 ⁴

Tabel 3.17.: Afstroom naar grond- en oppervlaktewater alternatief 1D, aanvoer 120.000 m³/jaar

Periode (tot jaartal)	Afstroom vanuit bakje west-1 (m/jaar)		Afstroom vanuit bakje west-2 (m/jaar)	
	naar grondwater	naar oppervlaktewater	Naar grondwater	naar oppervlaktewater
1 (1988)	0,105	0,238	n.v.t.	n.v.t.
2 (2000)	0,024	0,038	n.v.t.	n.v.t.
3 (2002)	0,024	0,415	n.v.t.	n.v.t.
4 (2065)	0,015	0,091	0,140	-0,056
5 (2260)	0,006	-0,005	0,020	-0,020
6	0,006	-0,006	0,020	-0,020

conclusie

Bij een aanvoer van 120.000 m³ per jaar wordt het maximale specieniveau van NAP -15 m bereikt na circa 65 jaar. In die periode kan circa 7,8 miljoen situ-m³ worden verspreid.

3.6. Alternatieven 3A en 3B, gevoeligheidsanalyse speciesamenstelling

Op basis van het uitgevoerde waterbodem- en grondwateronderzoek (bijlage 4.VIII.) van het Nieuwe Meer is de fysische samenstelling bepaald van de reeds aanwezige specie. Op basis van deze speciesamenstelling kan een gevoeligheidsanalyse worden uitgevoerd voor de consolidatieberekeningen. Dit geldt zowel voor de reeds gestorte specie als voor de toekomstig te storten specie.

Tijdens het bodemonderzoek zijn van 31 monsters de fysische parameters bepaald. Voor de consolidatie geldt dat de 16 µm fractie het belangrijkste is (ref. 1). Daarnaast zijn onder andere ook de 2 µm fractie en de 63 µm fractie van belang (ref. 1). Voor de totale set monsters zijn deze fysische parameters weergegeven in afbeelding 3.1.. Hierbij is op de verticale as het aantal monsters weergegeven waarvan de 2, 16 en 63 µm fractie binnen intervallen met een grootte van 10% vallen. Er geldt bijvoorbeeld dat 14 monsters een 16 µm fractie hebben die ligt tussen de 30 en 40% (in de afbeelding weergegeven op de 40% lijn). Dit betekent dat bij deze 14 monsters 40 massa % van de korrels kleiner is dan 16 µm.

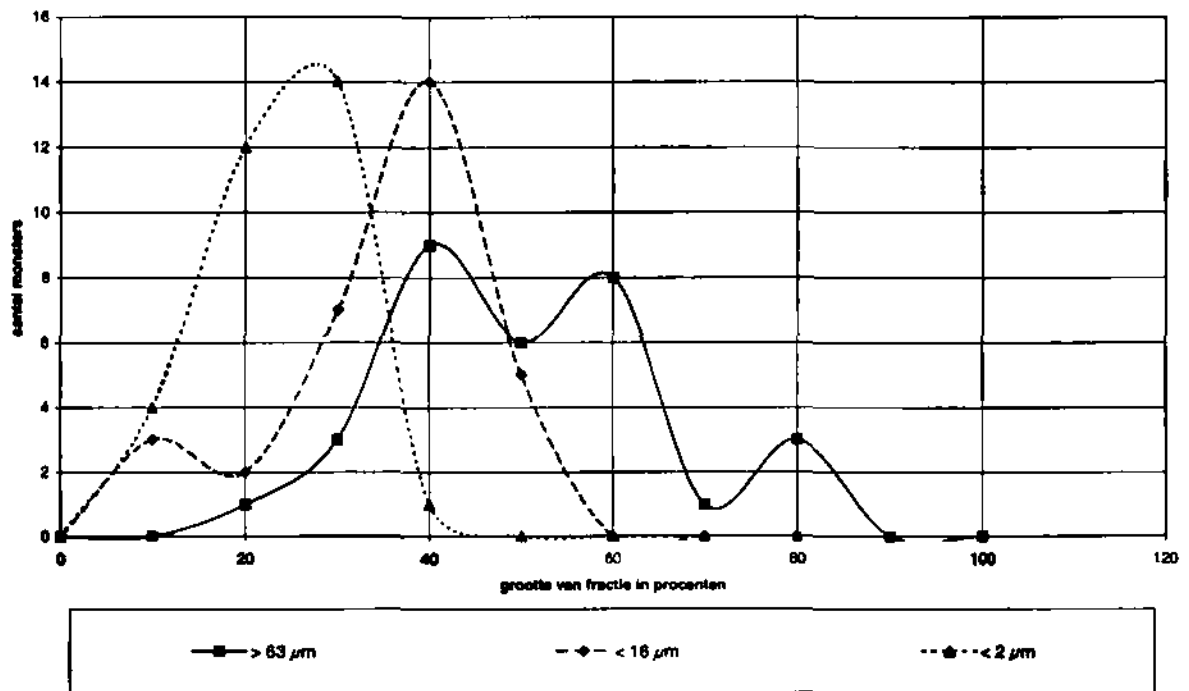
Van de complete set monsters uit het bodemonderzoek is tevens de gemiddelde waarde voor de verschillende fracties bepaald, zie bijlage 2. Dit leidt tot de volgende resultaten:

- fractie < 2 µm: 20%;
- fractie < 16 µm: 30%;
- fractie > 63 µm: 47%.

Vergelijking met deze speciekenmerken met de parameterset zoals opgenomen in bijlage 1 bij deze notitie leidt tot de conclusie dat de parameterset YM16/3 het beste hierbij past. Dit geldt voor zowel de 2 µm fractie, 16 µm fractie als de 63 µm fractie van de parameterset.

De parameterset die het beste bij de genomen monsters aansluit is dezelfde parameterset als waarmee de hoofdalternatieven zijn berekend. De gevoeligheidsanalyse voor de speciesamenstelling leidt daarom niet tot andere resultaten en is derhalve niet verder berekend.

Korrelverdeling monsters nieuwe Meer, stapgrootte 10%



Abbeelding 3.1.: Bepaling fysische speciesamenstelling

4. EVALUATIE

In dit hoofdstuk worden de resultaten samengevat. Daarbij gaat de speciale aandacht uit naar de resultaten van de consolidatie en naar de resultaten van de uittredende hoeveelheden water naar grond- en naar oppervlaktewater.

4.1. Consolidatie van de waterbodem

Een overzicht van de berekeningsresultaten over de consolidatie van de waterbodem is weergegeven in tabel 4.1..

Tabel 4.1.: Resultaten consolidatieberekeningen

Alternatief	Locatie verspreiding specie	Hoeveelheid (m ³ /jaar)	Specie-niveau na vulperiode (m NAP)	Berekende tijdsduur vulperiode (jaren)	Volume verspreide in situ specie (miljoen m ³)	Weerstand na consolidatie (dagen)			
						Bakje west 1	Bakje west 2	Bakje oost 1	Bakje oost 2
1	West	60.000	-15	125	7,5	1,47x10 ⁵	3,76x10 ⁴	n.v.t.	n.v.t.
2	Oost	60.000	-15	20	1,3	n.v.t.	n.v.t.	4,14x10 ⁴	1,72x10 ⁴
3	Hele plas	60.000	-15	165	9,7	1,52x10 ⁵	4,2x10 ⁴	5,05x10 ⁴	2,04x10 ⁴
1A	West	60.000	-7,5	260	15,6	2,7x10 ⁵	8,81x10 ⁴	2,92x10 ⁴	n.v.t.
1B	West	60.000	-20	50	3,0	1,10x10 ⁵	1,09x10 ⁴	n.v.t.	n.v.t.
1C	West	20.000	-15	360	7,2	1,51x10 ⁵	3,37x10 ⁴	n.v.t.	n.v.t.
1D	West	120.000	-15	65	7,8	1,63x10 ⁵	4,82x10 ⁴	n.v.t.	n.v.t.

¹⁾ Dit is de weerstand in bakje west 3

Uit de tabel blijkt dat de hoeveelheid te storten specie vooral wordt bepaald door de locatie waar de specie wordt gestort, vergelijk de alternatieven 1, 2 en 3. Ook de te bereiken einddiepte is van belang, vergelijk de alternatieven 1, 1A en 1B. Als er wordt gestopt met het storten van specie bij een niveau van NAP -7,5 m of in geval er in de hele plas wordt gestort, kan er uiteraard beduidend meer specie worden gestort. In het geval er wordt gestort tot een niveau van NAP -20 m of wanneer er alleen in het oostelijke deel van de plas specie wordt gestort, is de hoeveelheid veel geringer.

De vulsnelheid heeft veel minder invloed op de hoeveelheden, vergelijk de alternatieven 1, 1C en 1D. Deze invloed is relatief gering doordat de consolidatie relatief snel verloopt als gevolg van de speciesamenstelling en doordat de stortingsnelheid per m² relatief laag is.

Voor de weerstand die de specie vormt voor inzijging vanuit het Nieuwe Meer naar het grondwater is met name het te bereiken eindniveau van invloed. Bij een eindniveau van NAP -7,5 m is de weerstand circa 2 maal zo groot dan bij een eindniveau van circa NAP -15 m. De weerstand is daarentegen beduidend kleiner wanneer er gestopt wordt met het storten bij een specieniveau van NAP -20 m.

Een belangrijk punt is dat de nieuwe Meer (behalve als er alleen in het oostelijk deel zou worden gestort tot een relatief diepe einddiepte) voldoende groot is om gedurende minimaal enkele tientallen jaren een oplossing te bieden voor het baggerspecieprobleem van Amsterdam. Dat betekent dat er voldoende tijd is voor tussentijdse monitoringen en evaluaties om de onzekerheden die in deze notitie zijn geconstateerd (natuurlijke aanwas, HYDCON-parameters in relatie tot spreiding in de speciesamenstelling, gasvorming), in de loop van de tijd nader in te vullen.

4.2. Afstroming naar grond- en oppervlaktewater

In de consolidatieberekeningen is de uitstroom van consolidatiewater uit de baggerspecie naar het grond- en oppervlaktewater berekend. Deze uitstroom wordt opgeteld bij de stroming naar het grondwater als gevolg van het stijghoogteverschil tussen het oppervlakte- en het grondwater. De afstromingen bleken wat betreft hun omvang te variëren in de loop van de tijd. De berekende maximale afstromingen zijn samengevat in tabel 4.2..

Tabel 4.2.: Resultaten berekende maximale afstromende hoeveelheden (m/jaar)

alternatief	Afstroom uit bakje		Afstroom uit bakje		Afstroom uit bakje		Afstroom uit bakje	
	West 1		West 2		Oost 1		Oost 2	
	Grond	Opp.	Grond	Opp.	Grond	Opp.	Grond	Opp.
1	0,024	0,039	0,173	p.m.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0,558	1,010	0,365	p.m.
3	0,023	0,038	0,299	p.m.	0,600	n.v.t.	0,301	p.m.
1A	0,023	0,039	0,124	p.m.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1B	0,024	0,183	0,526	p.m.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1C	0,024	0,039	0,189	p.m.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1D	0,024	0,415	0,140	p.m.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

p.m.: er is wel sprake van een afstroming naar het oppervlaktewater, maar de neerwaartse stroming is groter dan de opwaartse stroming, zie afbeelding 2.1.; per saldo is de stroming neerwaarts gericht.

Uit de berekeningen worden de volgende conclusies getrokken:

- De hoeveelheid water (m/jaar) die tijdens de consolidatie afstroomt, is, in de westelijke put, uit bakje 2 groter dan uit bakje 1. Dit wordt verklaard door de dikte van de reeds aanwezige sliblaag. In de oostelijke put is dit net andersom. Verder is de afstroming uit de oostelijke bakjes groter dan die uit de westelijke bakjes. De omvang van de afstroming is het grootst in de beginjaren van het storten ter plaatse; in de loop van de tijd nemen de afstromingen af. De afstromingen uit de bakjes west 1 hebben, behoudens enkele uitzonderingen, een omvang van enkele centimeters per jaar, uit bakje 2 hebben de afstromingen een omvang van enkele decimeters per jaar.
- De afstromende hoeveelheden worden voornamelijk bepaald door de hoeveelheid specie die per eenheid van oppervlakte wordt gestort. Bij een hogere vulsnelheid (alternatief 1D), die optreedt wanneer alleen in de diepe delen specie wordt gestort, is de afstroom naar het oppervlaktewater groter dan de inzijging naar het grondwater. In de andere gevallen treedt er geen netto afstroming naar het oppervlaktewater.
- Als gevolg van de hydraulische weerstand van de reeds aanwezige specie in het diepe deel van de westelijke plas, zijn de verschillen tussen de alternatieven in dit deel kleiner dan bij de andere delen van het Nieuwe Meer.

LITERATUUR

Bij de consolidatieberekeningen is gebruik gemaakt van de onderstaande literatuur:

1. Correlatiestudie HYDCON parameters, Grondmechanica Delft, maart 1994.
2. FSConbag, A computer program for simulation of large strain consolidation, Delft Geotechnics, December 1992.
3. Rapport symposium "Berging van Gashoudende Slib", Technologiestichting STW, oktober 1999.
4. Ontwerpaspecten Speciedepots, Deelnota Fysische Processen Baggerspecie, Projectgroep Speciedepots, Werkgroep Referentie Ontwerp, Bouwdienst Rijkswaterstaat.

Bijlage 1: HYDCON-proef parameters

HYDCON proef parameters

		Atterbergse grenzen					
		V.G. (w)	(e)	U.G. (w)	(e)	P.I. (w)	P.I. (e)
KetYM1-1		92.8%	2.31	37.5%	0.94	55.3%	1.38
YM1-2		92.8%	2.31	37.5%	0.94	55.3%	1.38
YM 5 (1)		71.1%	1.78	34.4%	0.88	36.7%	0.92
YM 7/5		87.0%	2.13	32.3%	0.79	54.7%	1.34
YM 7/6		87.0%	2.13	32.3%	0.79	54.7%	1.34
YM 16/3		52.6%	1.33	32.6%	0.82	20.1%	0.51
YM 16/4		52.6%	1.33	32.6%	0.82	20.1%	0.51
Meng (1)		70.0%	1.76	34.6%	0.87	35.5%	0.89
Meng (2)		70.0%	1.76	34.6%	0.87	35.5%	0.89
Sluf	N	116.3%	2.88	33.3%	0.82	83.0%	2.05
Z		115.2%	2.86	37.0%	0.92	78.2%	1.94

		Korrelgrootte			Humus	Kalk	Activiteit Pi/lutum
		< 2µm	< 16 µm	> 63 µm			
KetYM1-1		21.6%	46.4%	15.0%	4.5%	22.7%	2.56
YM1-2		21.6%	46.4%	15.0%	4.5%	22.7%	2.56
YM 5 (1)		23.7%	49.9%	7.2%	2.5%	12.0%	1.55
YM 7/5		28.8%	62.7%	3.3%	3.2%	13.5%	1.90
YM 7/6		28.8%	62.7%	3.3%	3.2%	13.5%	1.90
YM 16/3		18.1%	36.2%	30.2%	1.9%	13.0%	1.11
YM 16/4		18.1%	36.2%	30.2%	1.9%	13.0%	1.11
Meng (1)		24.4%	47.3%	20.7%	2.3%		1.45
Meng (2)		24.4%	47.3%	20.7%	2.3%		1.45
Sluf	N	29.1%	77.2%	4.7%	3.1%	23.5%	2.85
Z		31.9%	76.0%	5.2%	3.7%	24.6%	2.45

HYDEX

$$\sigma = \exp(m1+m2*e) + m3*\exp(m4+m5*e)$$

$$k = \exp(m6+m7*e)$$

	m1	m2	m3	m4	m5	m6	m7
YM1-1	8.91	-3.33	1	13.91	-7.87	-24.35	2.33
YM1-2	8.35	-3.17	1	12.75	-6.86	-23.74	2.21
YM 5 (1)	6.58	-2.12	1	17.61	-11.12	-22.84	1.63
YM 7/5	8.98	-2.68	0	-	-	-23.67	1.38
YM 7/6							
YM 16/3	6.66	-2.88	1	17.99	-14.40	-22.71	2.41
YM 16/4	7.04	-3.00	1	18.44	-14.30	-22.55	2.35
Meng (1)	6.12	-2.05	1	18.77	-12.36	-23.06	1.82
Meng (2)	5.53	-1.60	1	16.53	-10.37	-22.21	1.28
N	7.77	-2.04	1	17.11	-9.01	-24.46	1.43
	7.41	-1.79	1	15.79	-7.92	-24.08	1.23
Z	7.50	-1.91	1	13.5	-6.04	-24.20	1.32

Bijlage 2: Korrelverdeling grondmonsters (bron: Waterbodemonderzoek)

Locatie	Diepte	Fractie >63	Fractie 63 - 16	Fractie <16	Fractie <2	Droge stof	Organi- sche stof
Vak 01	0 tot -0,5	55	23	22	14	27	8
Vak 02	0 tot -0,5	54	15	31	19	25	14
Vak 03	0 tot -0,5	46	20	34	21	23	13
Vak 04	0 tot -0,5	57	19	24	15	26	13
Vak 05	0 tot -0,5	70	13	17	11	44	8
Vak 06	0 tot -0,5	40	26	34	21	23	11
Vak 07	0 tot -0,5	37	23	40	25	20	16
Vak 08	0 tot -0,5	34	34	32	20	33	11
Vak 09	0 tot -0,5	46	23	31	19	37	6
Vak 10	0 tot -0,5	73	17	10	6	44	7
Vak 11	0 tot -0,5	47	23	30	19	36	9
B01.01	0 tot -0,6	40	34	26	16	32	17
B01.02	- 0,6 tot -1,6	51	27	22	14	68	4
B01.06	- 4,3 tot -5,3	39	19	42	26	43	19
B01.08	- 6,3 tot -7,3	54	8	38	24	50	11
B01.10	- 8,3 tot -9,0	30	32	38	24	65	6
B02.02	- 0,6 tot -1,6	45	20	35	22	24	20
B02.04	- 2,8 tot -3,8	32	25	43	27	37	15
B02.05	- 3,8 tot -4,3	37	22	41	26	41	19
B02.06	- 4,3 tot -5,3	55	32	13	9	63	5
B03.01	0 tot -0,5	40	34	26	16	27	17
B03.02	- 0,6 tot -1,5	56	13	31	20	35	16
B03.04	- 2,5 tot -3,3	58	7	35	22	44	20
B03.06	- 4,5 tot -5,5	41	27	32	20	54	6
B03.08	- 6,4 tot -7,3	40	22	38	24	58	7
B03.10	- 8,3 tot -9,0	29	25	46	29	56	9
B04.01	0 tot -0,3	20	34	48	29	57	6
B04.09	- 3,2 tot -3,5	80	14	6	4	76	2
B05.01	0 tot -0,45	47	20	33	21	17	26
B05.02	- 0,7 tot -1,0	75	20	5	3	73	2
B05.05	- 1,5 tot -1,9	30	47	23	32	64	4
Gemid- deld		47	23	30	19	43	11

BIJLAGE 4.II.: NOTITIE 'MODELBEREKENINGEN VERSPREIDING VAN STOFFEN NAAR HET GRONDWATER'

water
infrastructuur
milieu
bouw



Witteveen+Bos
van Twickelostraat 2
postbus 233
7400 AE Deventer
telefoon 0570 69 79 11
telefax 0570 69 73 44

opdrachtgever DWR
projectcode Asd442.1
project MER Verondieping Nieuwe Meer
onderwerp Modelberekeningen verspreiding van stoffen naar het grondwater
referentie/voignummer Definitief

aan Witteveen+Bos Ing. J.M. Faber, projectleider MER

opgemaakt Ir. T.M. Nierop, ir. M.E.M. Schmitz
datum 1 december 2000
bijlagen 5

INTRODUCTIE

Door het storten van baggerspecie kunnen effecten optreden op de grondwaterstanden, de grondwaterstromingen en op de grondwaterkwaliteit. Daarnaast kunnen afgeleide effecten ontstaan als gevolg van de gewijzigde hydrologische situatie. Het doel van deze notitie is aan te geven wat de effecten zijn van het storten van baggerspecie in het Nieuwe Meer op de grondwaterkwantiteit en de grondwaterkwaliteit. In deze notitie wordt achtereenvolgens ingegaan op:

- de gevolgde werkwijze (hoofdstuk 1);
- de uitgangspunten voor de berekeningen (hoofdstuk 2); deze hebben betrekking op:
 - het grondwatermodel;
 - de grondwaterkwaliteit;
 - deconsolidatie;
- de resultaten van de berekeningen (hoofdstuk 3), waarin zijn opgenomen:
 - de resultaten van de grondwater-kwantiteitsberekeningen; deze behandelen de calibratie van het grondwatermodel en de geohydrologische effecten;
 - de resultaten van de grondwater-kwaliteitsberekeningen; deze behandelen de meest kritische verontreinigende stof, de effecten op de grondwaterkwaliteit en de toetsing op de normen;
 - de gevoeligheidsanalyse.

1. GEVOLGDE WERKWIJZE

1.1. Werkwijze grondwaterkwantiteit

Als gevolg van het storten van baggerspecie wijzigt de geohydrologische situatie. De weerstand van de bodem van de plas wordt groter, zodat de inzijging van water naar de omliggende polders vermindert. Anderzijds wordt water uit de specie geperst waardoor het grondwater wordt aangevuld. De grondwaterstroming zal hierdoor enigszins veranderen. Ook de grondwaterstanden/stijghoogtes zullen wijzigen. De effecten op de grondwaterstanden, de grondwaterstroming en de kwel- en wegzijgingshoeveelheden zijn berekend met behulp van het grondwaterstromingsprogramma MODFLOW (MacDonald en Harbaugh, 1984). Eerst is een grondwaterstromingsmodel opgesteld voor de omgeving van het meer. Na calibratie van dat model is de referentie-situatie ingevoerd en zijn de effecten van het vullen van het depot op de grondwaterhuishouding berekend. De toevoer van water uit de specie (door consolidatie) naar bodem en grondwater, alsmede de eindweerstand van de geconsolideerde specie zijn belangrijke invoergegevens voor het MODFLOW-model. Deze gegevens zijn afkomstig uit de bijlagenotitie 4.I., de notitie Consolidatieberekeningen (lit. 14).

1.2. Werkwijze grondwaterkwaliteit

Het storten van specie beïnvloedt het omringende grondwater door uitloging van verontreinigingen uit de specie als gevolg van stroming van het grondwater of van concentratieverschillen (diffusie). Het effect op het grondwater is afhankelijk van de fysische en chemische specie-eigenschappen en de geo(hydro)logische situatie van de ondergrond. Het effect van het storten van baggerspecie op de grondwaterkwaliteit is berekend met het stoftransportprogramma MT3D (Zheng, 1996).

2. UITGANGSPUNTEN

2.1. Uitgangspunten grondwatermodel

modelgebied

De grondwaterstroming in en rondom het Nieuwe Meer wordt voornamelijk gestuurd door de polderpeilen in de omgeving. Vooral de diepe Haarlemmermeerpolder, het Amsterdamse Bos en de Buitenveldertse polders zijn van belang. De afmetingen van het modelgebied bedragen 10 bij 8 km. Het modelgebied is rechthoekig van vorm en heeft als hoekpunten de coördinaten: $X = 112.350$, $Y = 478.850$ en $X = 122.150$, $Y = 486.650$. In het midden van het modelgebied bevindt zich het Nieuwe Meer.

modelnetwerk

De grootte van de cellen van het modelnetwerk is afgestemd op het doel van het model: het bepalen van de effecten van het verspreiden van specie in de zandwinput. De celgrootte bedraagt aan de randen 450 m bij 450 m. Ter plaatse van het Nieuwe Meer is de celgrootte verfijnd tot 50 m bij 50 m.

randvoorwaarden en onttrekkingen

Op de randen van het model is een vaste stijghoogte opgegeven. De stijghoogten zijn afkomstig uit de literatuur (lit. 9). Tevens is gebruik gemaakt van de Grondwaterkaart van TNO (lit. 6) en de gemiddelde stijghoogte in peilbuizen uit de TNO-databank over de afgelopen 10 jaar.

In het modelgebied ligt één onttrekking, ter plaatse van het Vondelpark. De onttrekking ligt op een diepte van NAP -100 m en heeft een debiet van 293 m³ per dag (lit. 1).

modelschematisatie en modelparameters

De bodemopbouw is geschematiseerd op basis van literatuurgegevens (lit. 1, 2, 3, 5, 6 en 8). Het gebied rondom het Nieuwe Meer is geohydrologisch gezien op te splitsen in twee deelgebieden: het stedelijk gebied van Amsterdam (binnen de ringweg A10) en het overig gebied (binnen de coördinaten zoals hierboven opgegeven). In het stedelijk gebied van Amsterdam worden drie watervoerende lagen aangetroffen. De bovenste twee lagen worden gescheiden door een kleilaag en vormen tezamen het regionale 1^e watervoerende pakket. De onderste derde zandlaag vormt het 2^e watervoerende pakket. Tussen het 1^e en het 2^e watervoerende pakket bevindt zich een scheidende laag, bestaande uit Eemklei en Drenteklei. In het overig gebied ontbreken deze kleiige afzettingen (dat is in tabel 2.2. weergegeven met een lage weerstand). Het 1^e en 2^e watervoerende pakket vormen hier één geheel.

In het grondwatermodel zijn in totaal 14 modellagen aangebracht. Dit is weergegeven in de tabellen 2.1. en 2.2.. De verticale anisotropie van de lagen wordt (standaard) aangenomen op 10%, hetgeen betekent dat in iedere modellaag de horizontale doorlatendheid k_h 10 maal zo groot is als de verticale doorlatendheid k_v , ofwel $k_v = 0,10 \cdot k_h$.

Tabel 2.1. Modelschematisatie stedelijk gebied binnen de A10 (circa 25% van het modelgebied)

Diepte (m t.o.v. NAP)	Geohydrologische schematisatie	geologische formatie	Model- laag	Dikte (m)	Doorlaatvermogen (m ² /d) of weerstand (d)
Mv tot -12	Deklaag	Westland	1 2	8 4	C = 8.000 dagen
-12 tot -18	Watervoerende laag	Twente	3 4	3 3	KD = 10 m ² /dag
-18 tot -19,5	Waterremmende laag	Twente	5	1,5	C = 300 dagen
-19,5 tot -32	Watervoerende laag	Twente	6 7 8 9 10	1 4 1 3 3,5	KD = tot 400 m ² /dag
-32 tot -48,5	1° scheidende laag	Eem, Drente	11 12 13	6,5 5 5	C = 20.000 dagen
-48,5 tot -250	2° watervoerende pakket	Urk, Enschede en Harderwijk	14	201,5	KD = 2.000 m ² /dag
> -250	Geohydrologische basis	Kedichem			

Tabel 2.2. Modelschematisatie overig gebied (circa 75% van het modelgebied, inclusief het Nieuwe Meer)

Diepte (m t.o.v. NAP)	Geohydrologische schematisatie	geologische formatie	Model- laag	Dikte (m)	Doorlaatvermogen (m ² /d) of weerstand (d)
Mv tot -12	Deklaag	Westland	1 2	8 4	C = 1.000 tot 8.000 dagen
-12 tot -18	Watervoerende laag	Twente	3 4	3 3	KD = 10 m ² /dag
-18 tot -19,5	Waterremmende laag	Twente	5	1,5	C = 300 dagen
-19,5 tot -28,5	Watervoerende laag	Twente	6 7 8 9	1 4 1 3	KD = 400 m ² /dag
-28,5 tot -32	1° scheidende laag	Eem, Drente	10	3,5	c = 0,1 dagen
-32 tot -250	2° watervoerende pakket	Urk, Enschede en Harderwijk	11 12 13 14	6,5 5 5 201,5	kD = 2.000 m ² /dag
> -250	Geohydrologische basis	Kedichem			

Ter plaatse van het Nieuwe Meer is de bodemopbouw verstoord door de aanleg van de zandwin-put vanaf 1958 en vervolgens door het gebruik van deze put als baggerspeciestortplaats van 1962 tot 1988. Bij de berekeningen zijn de volgende uitgangspunten voor het oppervlak en de dikte van de aanwezige sliblaag gehanteerd (lit. 14).

Tabel 2.3. Eigenschappen bodem van het Nieuwe Meer

Locatie	Oppervlak	Bodemniveau 1983	Bodemniveau 1958 of direct na ontgraven zandwinput	dikte sliblaag
	(ha)	(m t.o.v. NAP)	(m t.o.v. NAP)	(m)
Westelijk deel 1	8,06	-28,64	-38,50	9,86
Westelijk deel 2	36,5	-24,23	-23,23	1
Oostelijk deel 1	0,75	-24,60	-25,60	1
Oostelijk deel 2	12,19	-19,30	-20,30	1

Voor de delen van het Nieuwe Meer waar in het verleden geen baggerspecie is gestort, is aangenomen dat de sliblaag een dikte heeft van circa 1 m. De hydraulische weerstand van de daar aanwezige sliblaag bedraagt circa 3.440 dagen per meter slib (lit. 5).

topstelsysteem en grondwateraanvulling

In het modelgebied wordt onderscheid gemaakt in 3 verschillende gebieden: stedelijk gebied, polders en open water (voornamelijk zandwinplassen als het Nieuwe Meer, de Sloterplas en de Amstelveense Poel). Het peil dat in deze gebieden wordt gehandhaafd is aan het model opgegeven. De relatie tussen het oppervlaktewater (polderpeilen) en de eerste modellaag is gemodelleerd met behulp van drainageweerstanden. De aangenomen weerstanden van de drie verschillende gebieden zijn gebaseerd op de gekalibreerde weerstanden uit het MER voor het baggerspeciedepot Oostvlietpolder (lit. 12). Dat gebied is, geohydrologisch gezien, redelijk vergelijkbaar met het Nieuwe Meer, waarvan de specifieke cijfers niet bekend zijn. De entreeweerstand is een ervaringscijfer. Bovendien is het model gekalibreerd, op grond waarvan is geconcludeerd dat de gehanteerde waarden, in combinatie met andere, juist zijn gebleken. De ingevoerde weerstanden zijn als volgt:

- polders: 100 dagen (drainageweerstand);
- stedelijk gebied: 500 dagen (drainageweerstand);
- oppervlaktewater: 25 dagen (intreeweerstand).

Het Nieuwe Meer is gemodelleerd door invoer van een hydraulische weerstand van de bodem. Deze is afhankelijk van de dikte van de aanwezige sliblaag. De Ringvaart van de Haarlemmermeer en de Amstel zijn in het model opgenomen door een vast boezempeil van NAP -0,6 m respectievelijk NAP -0,40 m en een intreeweerstand van 200 dagen (ervaringscijfer). De gehanteerde polderpeilen zijn weergegeven in bijlage 1 bij deze notitie.

2.2. Uitgangspunten grondwaterkwaliteit

organisch koolstofgehalte en porositeit

De verspreiding van organische microverontreinigingen is vrijwel lineair afhankelijk van het organisch stofgehalte van de doorstroomde formaties. De organisch koolstofgehalten, porositeit en dichtheid van de deklaag en het eerste watervoerende pakket zijn, evenals de hierboven genoemde cijfers, overgenomen uit het MER voor het baggerspeciedepot Oostvlietpolder (lit. 12). Voor de baggerspecie (in situ en te verspreiden) zijn deze parameters overgenomen uit de bijlagenotitie 2.1., de notitie Randvoorwaarden en uitgangspunten (lit. 13). Hierbij is veiligheidshalve aangenomen dat het % organisch koolstof = 0,5 x het % koolstof. In tabel 2.4 staan de waarden voor het organisch koolstofgehalte, de porositeit en de dichtheid voor de verschillende (model)lagen aangegeven.

Tabel 2.4. Overzicht parameters

	Org. koolstof (f_{oc}) (%)	Porositeit (%)	Dichtheid (kg/m^3)
Baggerspecie	in situ: 7,5 te verspreiden: 9	in situ: 66 te verspreiden: 70	in situ: 1.257 te verspreiden: 1.230
Deklaag/basisveen	5	35	1.700
1 ^o watervoerende pakket	0,58	35	1.700

diffusie en dispersie

Voor diffusie en dispersie zijn de volgende waarden gebruikt (lit. 10):

- diffusiecoëfficiënt: 0,003 m²/jaar;
- longitudinale dispersielengte: 1 m (dispersie in de transportrichting);
- transversale dispersielengte: 0,01 m (dispersie loodrecht op de transportrichting).

speciesamenstelling en verdelingscoëfficiënten

Voor het bepalen van de uitloging en verspreiding van verontreinigingen is de concentratie van de verontreinigingen van belang. Uitgangspunt vormt de bijlagenotitie 2.I., de notitie Randvoorwaarden en uitgangspunten (lit. 13). Aangezien voor de in-situ specie geen gehalten van de afzonderlijke PAK's bekend zijn wordt de verhouding van de gemeten gehalten van de afzonderlijke PAK's in de toplaag (lit. 13, tabel 1.6.) ook toegepast op de situ-specie.

In tabel 2.5 en 2.6 is de maatgevende concentratie aangegeven en is de poriewatersamenstelling berekend voor een aantal voorkomende verontreinigingen. Hierbij is gebruik gemaakt van verdelingscoëfficiënten zoals aangegeven in het nationale beleids-MER Baggerspecie (lit. 11).

Tabel 2.5. Samenstelling situ - specie

Stof	K _{oc} (m ³ /kg) ¹	Speciesamenstelling (mg/kg) ²	Totaal opgelost in po- riewater (mg/m ³)
		Slechtste klasse 3	Slechtste klasse 3
Naftaleen	1,514	0,16	1,41
Anthraceen	223,9	2,88	0,172
Fenantreen	36,31	6,08	2,23
Fluorantheen	95,50	12	1,68
Chryseen	3.162	5,44	0,0230
Benzo(k)fluorantheen	288,4	1,328	0,0614
Benzo(a)pyreen	1.585	3,52	0,0296
Benzo(ghi)peryleen	363,1	1,36	0,0499
Indeno(123cd)pyreen	380,2	1,76	0,0617
PCB	275,4	1	0,0484

Tabel 2.6. Samenstelling te verspreiden specie

Stof	K _{oc} (m ³ /kg) ¹	Speciesamenstelling (mg/kg) ²	Totaal opgelost in poriewater (mg/m ³)
		Meest waarschijnlijk	Meest waarschijnlijk
Naftaleen	1,514	0,2	1,47
Anthraceen	223,9	0,37	0,0184
Fenantreen	36,31	1,01	0,309
Fluorantheen	95,50	2,73	0,318
Chryseen	3.162	1,11	0,0039
Benzo(k)fluorantheen	288,4	0,58	0,0224
Benzo(a)pyreen	1.585	0,89	0,00624
Benzo(ghi)eryleen	363,1	0,63	0,0193
Indeno(123cd)pyreen	380,2	0,55	0,0161
PCB	275,4	0,027	0,00109

¹ Gebaseerd op de 'landelijke MER baggerspeciedepots', zoals opgenomen in de 'Verspreidingsberekeningen speciedepot Koegorspolder' (lit 9).

² Gebaseerd op de notitie 'Randvoorwaarden en uitgangspunten' (lit. 13).

Aangenomen is dat het grondwater vóór 1962 niet verontreinigd is met de kritische verontreiniging (naftaleen). Als initiële concentratie buiten de specie is derhalve 0 aangenomen¹ bij de verspreidingsberekeningen.

2.3. Consolidatiegegevens

Met behulp van FSCONBAG is de gemiddelde uitstroom naar de ondergrond bepaald (lit. 14). De belangrijkste karakteristieken van de scenario's voor de verspreidingsberekeningen in de ondergrond zijn in tabel 2.7. kort weergegeven.

Tabel 2.7. Variabelen van de alternatieven

Variabele	Alternatief 1	Alternatief 2	Alternatief 3
Verspreidingslocatie	Westelijk deel	Oostelijk deel	Gehele plas
Jaarlijkse hoeveelheid	60.000 m ³	60.000 m ³	60.000 m ³
Te bereiken einddiepte	NAP -16,12 m	NAP -14,64 m	NAP -14,06 m
Verspreidingsduur	125 jaar	20 jaar	165 jaar
Oppervlak	44,6 ha	12,9 ha	57,5 ha

Voor de variatie in speciehoogte per (sub)alternatief, de weerstand van de specie en de afstroom naar de ondergrond door consolidatie wordt verwezen naar de bijlagenotitie 4.I., de notitie Consolidatieberekeningen.

¹ Later bleek uit het Onderzoek waterbodem en grondwater dat deze aanname niet geheel correct is. Onder het Nieuwe Meer voldoen de concentraties van alle stoffen aan de streefwaarde, behalve die van naftaleen, waarvan de streefwaarde licht wordt overschreden. De berekeningsresultaten in deze notitie vertonen dus een lichte onderschatting, die weer gedeeltelijk wordt gecompenseerd door het feit dat door de geringere concentratieverschillen de diffusie afneemt.

3. BEREKENINGSRESULTATEN

3.1. Resultaten grondwaterkwantiteit

calibratie

Om de voorspellende waarde van het model te toetsen is het model gecalibreerd. Voor calibratie van het model is gebruik gemaakt van de gemiddelde stijghoogte in de periode 1990-1999 bij 11 peilbuizen (18 peilfilters, bij sommige buizen meerdere filters) in de omgeving van het Nieuwe Meer. De gegevens zijn afkomstig van het DINO grondwaterarchief van NITG-TNO. Bij de calibratie bleek aanpassing van de weerstand van de deklaag noodzakelijk. Deze weerstand varieert sterk, afhankelijk van de dikte van de deklaag en de locatie in het onderzoeksgebied. Volgens de literatuur varieert de waarde tussen 1.000 en 8.000 dagen. In het model zijn, na calibratie, waarden aangehouden die liggen tussen 4.000 en 8.000 dagen.

De resultaten van de calibratie staan weergegeven in tabel 3.1. Uit deze tabel wordt geconcludeerd dat het model voldoende nauwkeurig is om de effecten van het verspreiden van specie in het Nieuwe Meer te voorspellen.

Tabel 3.1. Resultaten calibratie

Statistiek	Waarde (absoluut)
Gemiddelde afwijking tussen de calibratie en de metingen	+0,04 m
Gemiddelde absolute afwijking	0,27 m
Standaardafwijking van de fout	0,34 m
Max. afwijking (te hoog)	0,72 m
Max afwijking (te laag)	-0,54 m

Het berekende isohypsenpatroon in het eerste watervoerende pakket is weergegeven in bijlage 2 bij deze notitie. De grondwaterstroming verloopt in het modelgebied van noordoost naar zuidwest, onder invloed van de diepe Haarlemmermeerpolder, de Middelveldsche Akerpolder, de Schinkelpolder en het Amsterdamse Bos. In het stedelijk gebied van Amsterdam zijt water weg uit het boezemgebied naar het eerste watervoerende pakket. In de diepe polders in het westelijke, zuidwestelijke en zuidelijke deel van het modelgebied treedt kwel op.

geohydrologische effecten

Vanaf 1962 tot 1988 is in het westelijk deel van het Nieuwe Meer circa 10 meter baggerspecie aangebracht, hetgeen de geohydrologie en de omliggende grondwaterkwaliteit heeft beïnvloed. De effecten van de alternatieven worden daarom vergeleken met de situatie anno 2000.

verspreidingsfase

Bij alle alternatieven wordt de baggerspecie in fasen aangebracht. De specie heeft, na consolidatie, een hydraulische weerstand van circa 5000 dagen per meter (lit 14). In de modelcellen die het depot voorstellen is deze doorlatendheid ingevoerd.

In de eerste tientallen jaren na het storten treedt consolidatie van de specie op, waardoor water aan boven- en onderzijde van de specie uittreedt. Uit de berekeningen blijkt dat de consolidatieflux naar het grondwater tijdens de vulperiode 0,5 tot 1,6 mm/dag bedraagt. Deze flux is in het model ingevoerd (bovenop de aanwezige specie, zodat het water zich daar doorheen moet persen) om de effecten van de verspreiding van de specie op de omgeving te bepalen.

consolidatiefase

In deze fase wordt geen specie meer verspreid. De aanwezige specie kan verder consolideren. De consolidatieflux neemt langzaam af. Na 100 jaar is de consolidatieflux vrijwel 0 (lit. 14).

grondwaterstanden

De freatische grondwaterstand en de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket nemen in alle alternatieven over een periode van 250 jaar af als gevolg van de aanwezigheid van de baggerspecie. Het invloedsgebied van alternatief 3 is het grootst, van alternatief 2 het kleinst. De maximale freatische verlaging in de deklaag is in alternatief 1 en 3 circa vijf centimeter (invloedsgebied circa 600 m vanaf de stortlocatie. In alternatief 2 is deze verlaging, op een zelfde afstand, maximaal 4 centimeter. In het eerste watervoerend pakket zijn de verlagingen iets kleiner. Bijlage 3a en 3b bij deze notitie geeft voor de alternatieven 1 en 2 de stijghoogteverlaging van het freatisch grondwater ten opzichte van de huidige situatie.

conclusie

Uit bovenstaande kan worden afgeleid dat de effecten van de verschillende alternatieven op de omgeving (zoals zettingen en kwel) gering zijn en ook weinig van elkaar verschillen.

3.2. Resultaten grondwaterkwaliteit

kritische verontreiniging

De berekende poriewatersamenstelling (tabellen 2.5. en 2.6.) is getoetst aan de streefwaarden voor grondwater. Zware metalen, chroom en arseen alsmede stoffen met een poriewaterconcentratie lager dan de streefwaarden zijn niet verder beschouwd. De poriewaterconcentratie van zware metalen zal lager zijn dan de streefwaarde, omdat gereduceerde omstandigheden en voldoende beschikbaarheid van S^{2-} wordt verwacht. Chroom en Arseen kunnen wel mobiel zijn onder gereduceerde omstandigheden. Arseen komt echter veelal voor als natuurlijk arseen en chroom is alleen onder zure omstandigheden mobiel en die omstandigheden zijn hier niet aanwezig (zie bijlagenotitie 4.VII., de notitie Effecten op de waterkwaliteit en de ecologie; ook baggerspecie is in het algemeen neutraal).

Van de verontreinigingen die de streefwaarde overschrijden is nagegaan welke de meest ongunstige (kritische) is; dat wil zeggen een mobiele stof (lage retardatie), waarvan de concentratie in de specie in relatief hoge mate de streefwaarde overschrijdt. Dit is uitgedrukt in het "risicoquotiënt". In tabel 3.2. en 3.3. is de meest kritische verontreiniging bepaald op basis van retardatie in het eerste watervoerende pakket, voor zowel de huidige situatie (in situ specie: slechtste klasse 3) als de meest waarschijnlijk te verspreiden specie.

Tabel 3.2.: Bepaling kritische verontreiniging in de huidige waterbodem (slechtste klasse 3)

stof	Speciesa- menstelling (mg/kg)	Totaal Opgelost in specie (mg/m ³)	Streef- waarde grond- water (mg/m ³)	Overschrij- ding (opge- lost/streefw aarde)	Retardatie verontreini- ging in WVP 1 ¹	Risico- Quotiënt (overschrijding/ retardatie)
Naftaleen	0,16	1,41	0,1	14,1	43,6	0,32
Anthraceen	2,88	0,172	0,02	8,58	6308	0,0014
Fenantreen	6,08	2,23	0,02	112	1024	0,11
Fluorantheen	12	1,68	0,005	335	2691	0,12
Chryseen	5,44	0,0230	0,002	11,5	89087	0,00013
Benzo(k)fluorantheen	1,328	0,0614	0,001	61,4	8126	0,0076
Benzo(a)pyreen	3,52	0,0296	0,001	29,6	44650	0,00066
Benzo(ghi)peryleen	1,36	0,0499	0,0002	250	10229	0,024
Indeno(123cd)pyreen	1,76	0,0617	0,0004	154	10711	0,014
PCB	1	0,0484	0,01	4,84	7760	0,00062

Tabel 3.3.: Bepaling kritische verontreiniging in de te verspreiden specie (meest waarschijnlijk)

stof	Speciesa- menstelling (mg/kg) ¹	Totaal opgelost in specie (mg/m ³)	Streef- waarde grond- water (mg/m ³)	Overschrij- ding (opge- lost/streefw aarde)	Retardatie Verontreini- ging In WVP 1 ¹	Risico- quotiënt (overschrijding/ retardatie)
Naftaleen	0,2	1,47	0,1	14,7	43,6	0,34
Anthraceen	0,37	0,0184	0,02	0,918	6308	0,00015
Fenantreen	1,01	0,309	0,02	15,5	1024	0,015
Fluorantheen	2,73	0,318	0,005	63,5	2691	0,024
Chryseen	1,11	0,0039	0,002	1,95	89087	0,00002
Benzo(k)fluorantheen	0,58	0,0224	0,001	22,3	8126	0,0028
Benzo(a)pyreen	0,89	0,00624	0,001	6,24	44650	0,00014
Benzo(ghi)peryleen	0,63	0,0193	0,0002	96,4	10229	0,0094
Indeno(123cd)pyreen	0,55	0,0161	0,0004	40,2	10711	0,0038
PCB	0,027	0,00109	0,01	0,109	7760	0,00001

¹⁾ Dichtheid WVP 1: 1700 kg/m³, porositeit WVP 1: 0,35, organisch koolstofgehalte WVP 1: 0,58%

Uit tabel 3.2. en 3.3. blijkt dat het risico-quotiënt van naftaleen het hoogst is. Naftaleen is dus de meest kritische verontreiniging, gevolgd door fluorantheen en fenantreen. De verspreidingsberekeningen zijn uitgevoerd voor naftaleen.

effecten op de grondwaterkwaliteit en toetsing aan de normen

De effectberekeningen zijn gericht op het relevante toetsingskader. Dit relevante toetsingskader is weergegeven in de Vierde Nota Waterhuishouding. Daarin staat dat ~ onder de voorwaarde dat de kwaliteit van de waterbodem niet verslechtert ~ voorlopig kan worden doorgegaan met het verspreiden van klasse 2 specie op het land of in het oppervlaktewater (de klasse-indeling van baggerspecie volgens het ENW-beleid is overigens op 16 juni 2000 herzien). Dit betekent dat een toetsing, formeel gesproken, voor het onderhavige voornemen niet aan de orde is, tenzij de kwaliteit van de waterbodem verslechtert en dat is niet het geval: de huidige waterbodemkwaliteit is immers van een klasse 2, 3 en een enkele keer 4 (zie het Onderzoek waterbodem en grondwater) en de te storten specie is maximaal van een klasse 2.

Voor de specieklassen 3 en 4 blijven en voor de gevallen waarin verspreiding van de klassen 1 en 2 de waterbodem wel verslechtert, blijven de ENW-toetsingscriteria uit 1993 voorlopig van kracht, in afwachting op een betere onderbouwing en meer nuancering. Deze ENW-toetsingscriteria zijn opgenomen in het Beleidsstandpunt Verwijdering Baggerspecie. Hierna worden, niet verplicht maar volledigheidshalve, de effecten van het voornemen getoetst aan de criteria van het Beleidsstandpunt.

niet verplichte toetsing aan het Beleidsstandpunt Verwijdering Baggerspecie

In het Beleidsstandpunt Verwijdering Baggerspecie zijn richtlijnen opgenomen voor de beoordeling van baggerspeciedepots (en het huidige voornemen is géén baggerspeciedepot). Deze richtlijnen omvatten criteria voor streefwaarden, emissies en toelaatbaar beïnvloed gebied. Er worden drie stappen onderscheiden die achtereenvolgens moeten worden doorlopen:

- Stap 1: Toetsing van de concentraties aan de streefwaarden, en als daaraan niet wordt voldaan:
- Stap 2: Toetsing van de fluxen aan de toelaatbare fluxen, en als daaraan niet wordt voldaan:
- Stap 3: Toetsing van de verspreiding na 10.000 jaar aan het toelaatbaar beïnvloed volume (dit toelaatbaar volume is gelijk aan het volume van het depot).

Uitwerking stap 1. De emissieberekeningen zijn uitgevoerd voor naftaleen. Uit de berekeningen blijkt (zie de tabellen 4.1. en 4.2.) dat de kwaliteit van het uittredend poriewater groter is dan de streefwaarde voor naftaleen in grondwater. De overschrijding bedraagt een factor 14 à 15. Stap 2 van de toetsing dient derhalve te worden uitgevoerd.

Uitwerking stap 2. De flux van verontreinigingen uit de specie (de emissie) is berekend over een periode van 250 jaar. De toelaatbare flux voor naftaleen bedraagt 0,2 g/ha/jaar. In tabel 3.4. zijn de berekende gemiddelde fluxen van naftaleen weergegeven voor de huidige situatie 2000 en voor de drie beschouwde alternatieven.

Tabel 3.4.: Resultaten van de berekeningen van de emissiefluxen voor naftaleen

Scenario	Emissieflux (g/ha*j)	Factor t.o.v. de normflux
Situatie 2000 (autonome ontwikkeling)	0,023	0,12
Alternatief 1 (Verspreiden in het westelijk deel)	0,1	0,5
Alternatief 2 (Verspreiden in het oostelijk deel)	0,59	2,9
Alternatief 3 (Verspreiden in de hele plas)	0,22	1,1

Uit tabel 3.4. blijkt dat in de huidige situatie en in alternatief 1 de normflux niet wordt overschreden. In alternatief 3 wordt de toelaatbare flux voor naftaleen in geringe mate overschreden met een factor 1,1 en in alternatief 2 ruim, met een factor 2,9. Voor de alternatieven 2 (vooral) en 3 moet stap 3 worden uitgevoerd.

Uitwerking stap 3. Het door naftaleen beïnvloed volume (gelijk aan het volume buiten de huidige verspreiding met overschrijding van de streefwaarde) is berekend voor de situatie 2000 en voor alternatief 2. Uit de berekeningen volgt dat:

- voor de situatie 2000 het verontreinigd volume na 10.000 jaar circa 8,8 miljoen m³ bedraagt, dat is bijna 8 keer het volume van het thans aanwezige specievolume.
- voor alternatief 2 het verontreinigd volume beïnvloed gebied circa 12,5 miljoen m³ bedraagt, waarvan 8,8 miljoen m³ als gevolg van de autonome ontwikkeling en 3,8 miljoen m³ als gevolg van het alternatief 2 zelf. Het toelaatbare volume wordt ruim 7x overschreden. In absolute zin neemt de de omvang van het beïnvloed volume derhalve toe maar relatief gezien neemt het volume iets af.

Conclusie. Uit de berekeningen volgt dat de toetsingswaarden van stap 1 (richtwaarde voor naftaleen) in alle alternatieven wordt overschreden; de toetsingswaarden van stap 2 (toelaatbare flux voor naftaleen) worden alleen overschreden in de alternatieven 3 en (vooral) 2. Alternatief 2 overschrijdt ook de toetsingswaarde van stap 3 (omvang beïnvloed gebied) maar die overschrijding (7x het toelaatbaar volume) is relatief iets geringer dan in de autonome ontwikkeling (8x het toelaatbaar volume).

interpretatie

Bij de interpretatie van bovenstaande resultaten dient er rekening mee te worden gehouden dat, omdat aan deze materie een aantal onzekerheden kleven, in allerlei opzicht is gerekend met veilige aannamen. Op drie aspecten wordt gewezen.

Ten eerste dat organische microverontreinigingen als naftaleen in werkelijkheid aan afbraak onderhevig zijn. Die afbraaksnelheid is afhankelijk van het heersende milieu en de aard van de verontreiniging. In een anaëroob milieu (zoals waterbodems) verloopt de afbraak trager dan in een aëroob milieu. Uit literatuurstudies (lit. 15) blijkt dat PAK-halfwaardetijden van enkele tientallen jaren of minder niet ongebruikelijk zijn. Omdat de concentraties in het depot en de emissies uit het depot min of meer lineair zijn gekoppeld, zal de emissie in ongeveer dezelfde mate afnemen als de snelheid waarmee afbraak optreedt. Echter, omdat de halfwaardetijden van PAK's en hun relaties met heersende omstandigheden niet goed bekend zijn, terwijl ook de toxiciteit en mobiliteit van de afbraak-producten onduidelijk zijn, zijn afbraakprocessen in de huidige studie niet meegenomen. Een onderschatting van de effecten wordt zo voorkomen. Een overschatting is echter aannemelijk.

Op de tweede plaats laat recent onderzoek (lit 15) tevens zien dat verdelingscoëfficiënten mogelijk groter kunnen zijn dan in deze notitie (op basis van literatuur) is aangenomen. Dit betekent

dat de concentraties in het poriewater lager kunnen zijn, mogelijk door "veroudering" (**aging**) van het sediment. Hierdoor zou de desorptie aanmerkelijk trager verlopen dan thans is aangenomen. Aangezien nadere gegevens over het optreden van dit effect voor het Nieuwe Meer ontbreken, zijn als verdelingscoëfficiënten aangehouden de waarden die in de literatuur zijn aangetroffen. Ook dit aspect leidt waarschijnlijk tot een overschatting van de effecten.

Ten derde kunnen de huidige concentraties van verontreinigingen rondom het Nieuwe Meer in werkelijkheid hoger zijn dan 0, zoals in de berekeningen aangenomen. De concentratiegradiënt tussen specie en omgeving wordt in dat geval geringer waardoor de emissies uit de specie naar de omgeving lager zijn. Ook dit lever een overschatting van de effecten op.

Uit het voorgaande moge blijken dat de onzekerheden in deze notitie conservatief zijn benaderd en dat de resultaten van de berekeningen als een worst-case mogen worden opgevat. Dat de effecten in deze notitie zijn overschat, is derhalve aannemelijk.

Mocht in de praktijk echter blijken dat die overschatting kleiner is dan verwacht dan wel dat de effecten zijn onderschat (bij voorbeeld als gevolg van het optreden van preferente stroombanen² in de gestorte specie of in de bodem daarbuiten), kan dit worden gecontroleerd met behulp van een monitoring in enkele peilbuizen aan de benedenstroomse kant van het Nieuwe Meer. Voorshands worden preferente stroombanen echter niet verwacht omdat de calibratie van het grondwatermodel daartoe geen aanleiding geeft. Het kan echter niet geheel worden uitgesloten.

3.3. Gevoeligheidsanalyse

uitgangspunten

In het voorgaande zijn de berekeningen gemaakt voor drie alternatieven (storten west, storten oost en storten in het hele meer). Als kwaliteit van de waterbodem is genomen de 'slechtste klasse 3' specie en als kwaliteit van de te storten specie de 'meest waarschijnlijke'. Verder is een aantal karakteristieken in de berekeningen opgenomen, zoals weerstand van de specie, afstroom naar de ondergrond e.d., zie paragraaf 2.3., zoals die zijn bepaald in de bijlagenotitie 4.1., de notitie Consolidatieberekeningen (lit.14). In de navolgende gevoeligheidsanalyse wordt nagegaan hoe groot de gevoeligheid is van de gehanteerde uitgangspunten. De volgende berekeningen zijn gemaakt (tabel 3.5.):

Tabel 3.5.: Uitgangspunten gevoeligheidsanalyse

Kenmerk	Alternatief 1a	Alternatief 1b	Alternatief 1c	Alternatief 3b
Stortlocatie	West	West	West	Gehele meer
Jaarlijkse hoeveelheid	20.000 m ³	120.000 m ³	60.000 m ³	60.000 m
Kwaliteit stortspecie	Meest waarsch.	Meest waarsch.	Meest waarsch.	Slechtste klasse 2
Einddiepte	15 m	15 m	20 m	15 m

berekeningsresultaten

Alternatief 1a: Bij een verspreiding van 20.000m³ specie per jaar in het westelijk deel van het Nieuwe Meer, zal na circa 360 jaar de einddiepte bereikt zijn. De afstroom naar de ondergrond is kleiner dan bij een verspreiding van 60.000 m³/jaar, maar duurt uiteraard langer (bijlagenotitie 4.1., de notitie Consolidatieberekeningen). Het is dan ook niet verwonderlijk dat de berekende emissieflux (uitloging van de te verspreiden specie) voor alternatief 1a veel kleiner is dan bij het hoofdalternatief (zie tabel 3.6.).

² Indien preferente stroombanen door de met puin verontreinigde specie lopen, leidt dat tot een snellere stroming van water door de specie en dus tot snellere verspreiding van verontreinigingen. Anderzijds leiden preferente stroombanen ook tot een snellere consolidatie die op termijn weer een vertraging van de verspreiding opleveren.

Alternatief 1b: De einddiepte wordt bij een verspreiding van 120.000 m³/jaar in het westelijk deel bereikt na circa 65 jaar bereikt (bijlagenotitie 4.I., de notitie Consolidatieberekeningen). De afstroom naar de ondergrond is in het diepe westelijk deel (bakje 1) groter dan bij een verspreiding van 60.000 m³/jaar. In het ondiepere deel (bakje 2) is de afstroom naar de ondergrond juist kleiner. Daar heeft de toegenomen weerstand van de bodem (de specie) het blijkbaar gewonnen van het *toegenomen niveauverschil tussen oppervlaktewater en watervoerend pakket*. Gezien het grote oppervlak van bakje 2 is de totale uitloging en emissie van verontreinigingen naar de omgeving lager dan in het hoofdalternatief.

Alternatief 1c: In alternatief 1c is de einddiepte gesteld op 20 m, die na circa 50 jaar wordt bereikt. In dit alternatief is de uiteindelijke speciedikte in het ondiepere deel (bakje 2) relatief dun, de weerstand klein en de afstroom naar de ondergrond groot. Niet alleen de afstroom als gevolg van consolidatie, maar ook de wegzijging van oppervlakkig water naar het tweede watervoerende pakket is groot ten opzichte van het hoofdalternatief. De emissieflux is derhalve groot.

Alternatief 3b: Tenslotte is gekeken naar de verspreiding van een slechtste klasse 2 specie in het oostelijk deel van het Nieuwe Meer. De procentuele uitloging van de specie blijft gelijk aan het hoofdalternatief oost, de initiële concentratie is anders. Uit de uitgangspuntennotitie (lit. 13) blijkt dat voor naftaleen voor de slechtste klasse 2 specie geen afzonderlijke concentratie beschikbaar is. Daarom is op basis van de som10 PAK slechtste klasse 2 en de verhouding in de meest waarschijnlijke specie tussen de concentratie naftaleen en de som10 PAK de afzonderlijke concentratie van naftaleen in slechtste klasse 2 specie afgeleid:

Concentratie naftaleen sk2 = (Concentratie naftaleen mws/som10PAK mws)*som10PAK sk2 = (0,2/9,17)*10 = 0,218 mg/kg

Waarin: sk2 = slechtste klasse 2 specie

Mws = meest waarschijnlijke specie

De slechtste klasse 2 specie is dus voor PAK's van slechtere kwaliteit dan de meest waarschijnlijke specie, zodat ook de emissieflux groter zal zijn.

Tabel 3.6.: Resultaten gevoeligheidsanalyse

Kenmerk*	Alternatief 1a	Alternatief 1b	Alternatief 1c	Alternatief 3b
Emissieflux (g/ha*jaar)	0,02	0,07	0,31	0,65
Normoverschrijding	0,11*de normflux	0,35*de normflux	1,55*de normflux	3,25*de normflux

* Voor alle alternatieven is de emissieflux berekend over 260 jaar, behalve bij alternatief 1a waar de emissieflux is berekend over een periode van 460 jaar (= vulperiode+200 jaar).

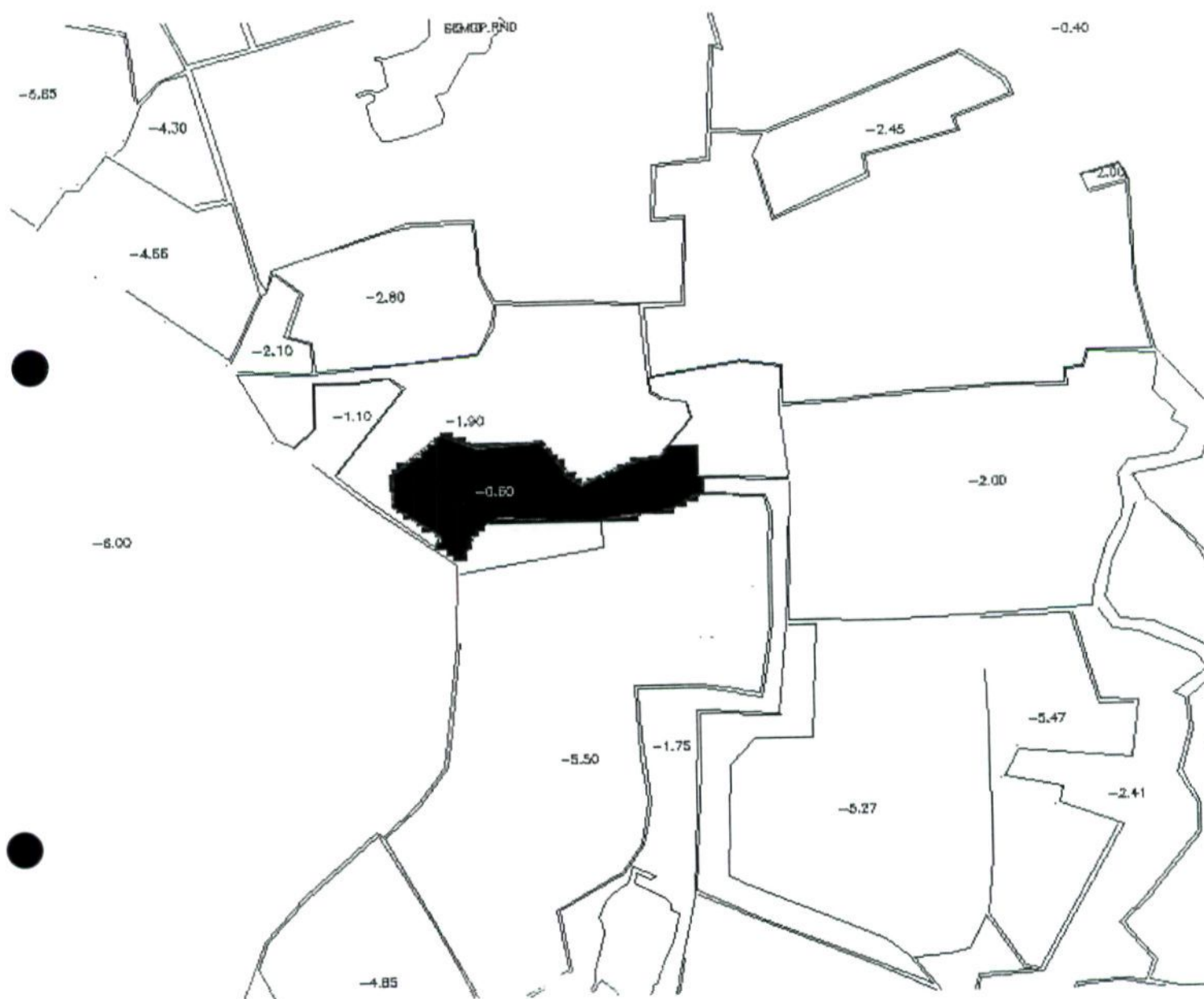
conclusie

Uit bovenstaande blijkt dat bij verspreiding in het westelijk deel in de meeste gevallen aan de norm voor emissieflux wordt voldaan. De op te bouwen weerstand van de waterbodem met de specie blijkt daarbij essentieel, zoals blijkt uit het feit dat alternatief 1c niet aan de norm voldoet. Hoofdalternatief 3 voldeed al niet aan de normen en bij de hogere concentratie naftaleen in de slechtste klasse 2 specie is de normoverschrijding alleen maar groter.

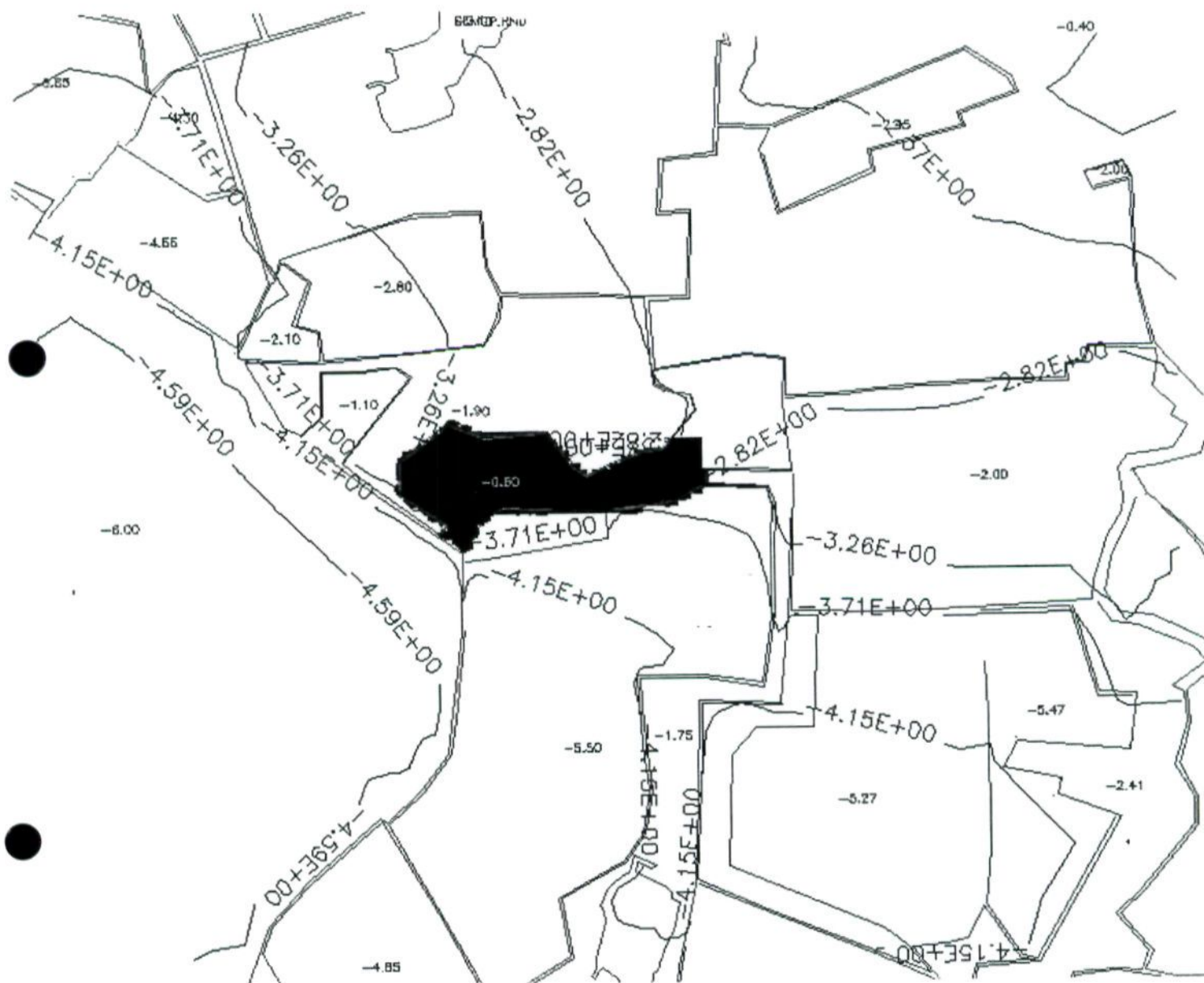
LITERATUUR

1. OMEGAM, 1996. Geohydrologische onderzoek invloed aanleg Noord-Zuidlijn.
2. OMEGAM, 25 november 1996. Geohydrologisch onderzoek invloed aanleg Noord/Zuidlijn, Project (12)10.730.
3. OMEGAM. Grondwaterisohypsenkaart.
4. OMEGAM. Fysische gegevens Amsterdams slib.
5. OMEGAM, 1984. Geohydrologische beschrijving van het Nieuwe Meer, evaluatie betreffende de grondwaterstroming.
6. TNO, december 1979. De Grondwaterkaart van Nederland. Kaartblad 24, 25 west, 25 oost, DGV-TNO, Delft.
7. Tweede Kamer, 1993-1994. Beleidsstandpunt Verwijdering Baggerspecie, 23450, nr. 1.
8. Waterbeheer Amsterdam. Verschillende waterbodengegevens.
9. Waterloopkundig Laboratorium, 1996. Verspreidingsberekeningen speciedepot Koegorspolder, T1692.
10. Waterloopkundig Laboratorium, 1997. Inrichtings-MER Molengreend.
11. Witteveen+Bos, 1993. Landelijke MER Baggerspecie.
12. Witteveen+Bos, 3 juni 1999. MER Baggerspeciedepot Oostvlietpolder, deelrapport geohydrologie en verspreiding verontreinigingen.
13. Witteveen+Bos, 28 maart 2000. Notitie Randvoorwaarden en uitgangspunten.
14. Witteveen+Bos, 15 juni 2000. Notitie Consolidatieberekeningen.
15. Krop. H.B. en H. Govers, 1995
IngePAKt in bagger? Een studie van de verdeling van de 10 PAK's van VROM over sediment en poriënwater, uitgaande van verontreinigd sediment. Milieu- en toxicologische chemie, Universiteit van Amsterdam.

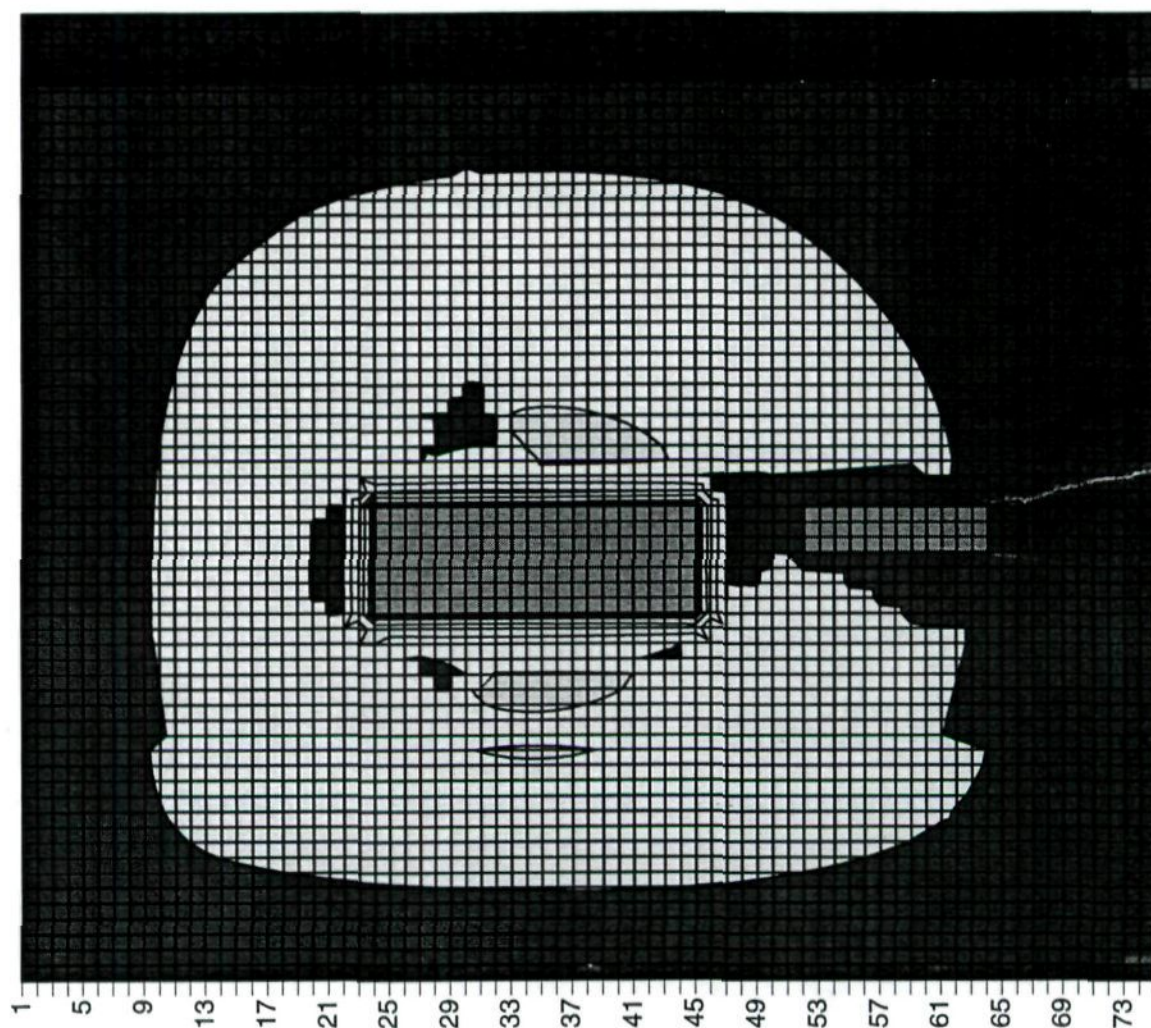
Bijlage 1.: Oppervlaktewaterpeilen omgeving Nieuwe Meer



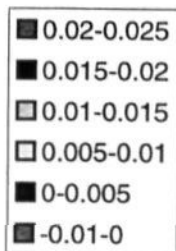
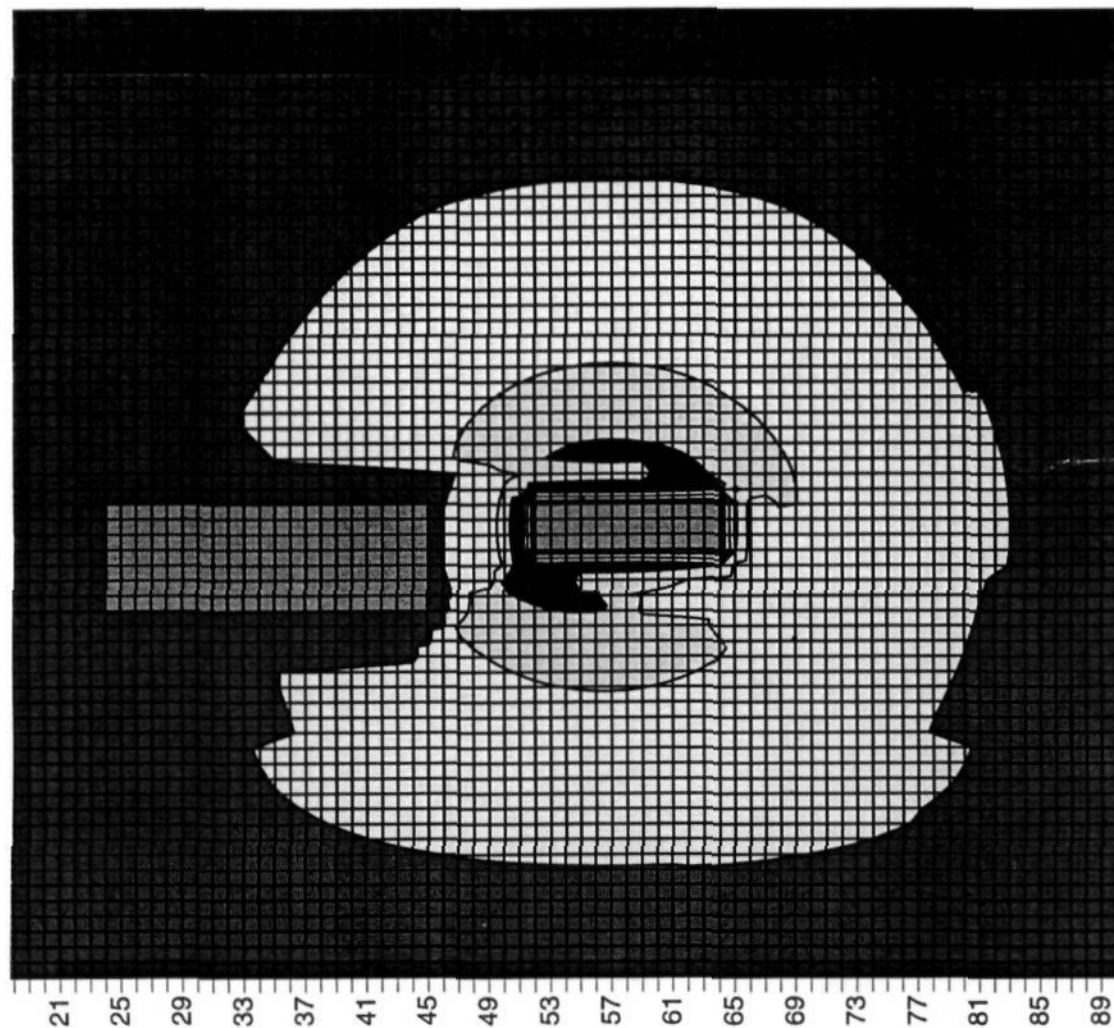
Bijlage 2.: Isohypsens stijghoogte eerste watervoerende pakket



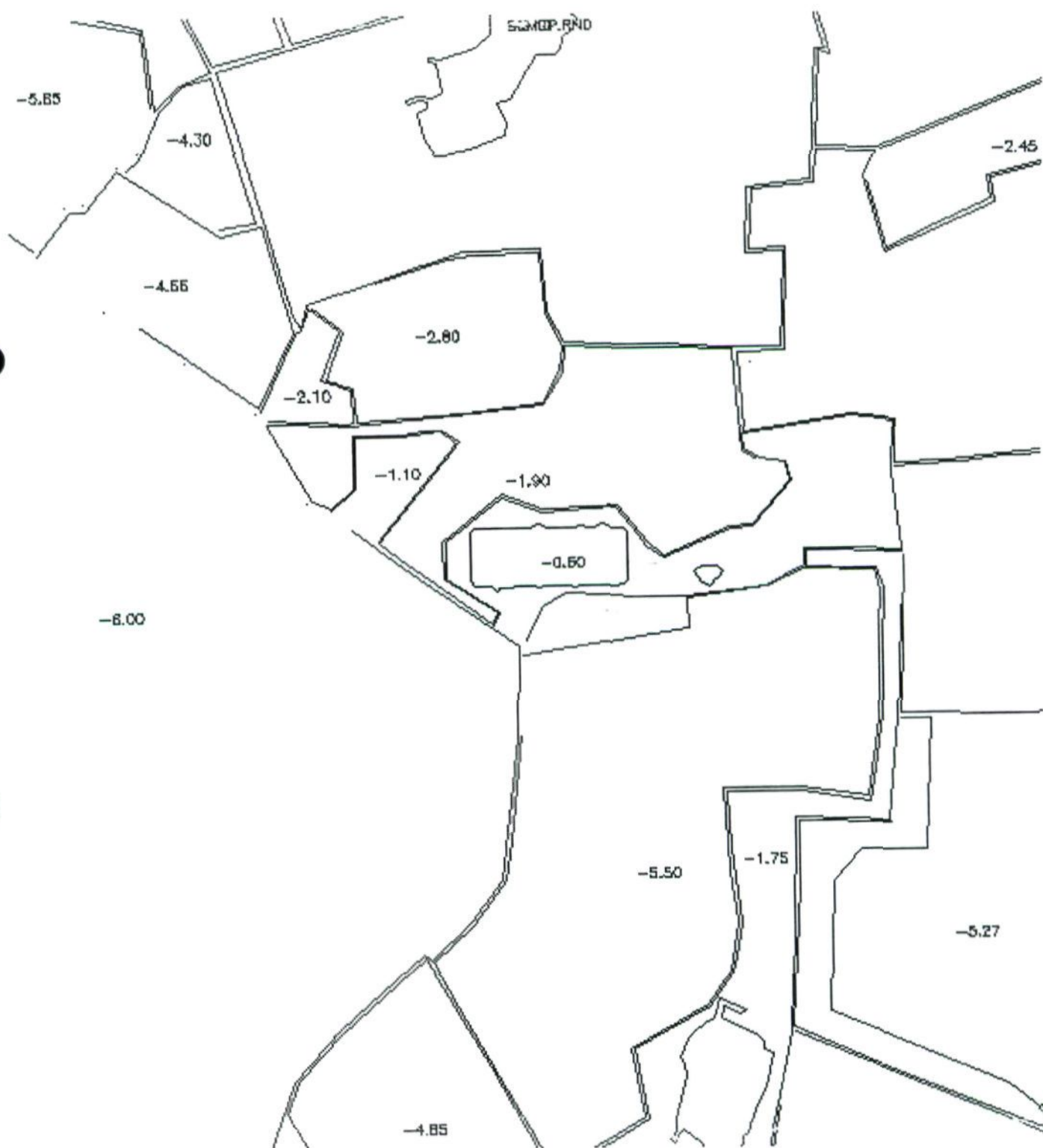
Bijlage 3a.: Verlaging van het freatisch grondwater van alternatief 1 t.o.v. huidige situatie



Bijlage 3b.: Verlaging van het freatisch grondwater van alternatief 2 t.o.v. huidige situatie



Bijlage 4.: Streefwaardecontour naftaleen alternatief 3, na 250 jaar, modellaag 8



Bijlage 5.: Streefwaardecontour naftaleen alternatief 3, na 10.000 jaar, modellaag 11

