

riza

rijksinstituut

voor integraal zoetwaterbeheer

en afvalwaterbehandeling

tel. 03200-70411, fax. 03200-49218

doorkiesnummer 03200-70486

Beoordeling van de lozing van retour-
water uit een baggerspeciedepot.

Werkdocument94.120 X

auteur(s)

J. Hartnack.

datum

25 augustus 1994

Inhoud werkdocument

Voorwoord.	4
0. Samenvatting	5
Voorbeschouwing.	9
1. Inleiding.	14
1.1. Beleid.	16
2. Debieten, concentraties en vrachten	17
2.1. Mogelijkheden tot vermindering van vrachten verontreinigingen.	17
2.2. Vrachten geborgen in het depot.	19
3. Beheersmatige omgang met het depot.	20
3.1. Inleiding	20
3.2. Nadere invulling depotmanagement	20
3.3. Recirculatie	21
4. Zuiveringstechnieken.	22
4.1. Inleiding	22
4.2. Zwevende-stofverwijdering	22
4.3. Verwijdering van stikstof	23
4.4. Verwijdering van organische microverontreinigingen	25
4.5. Verwijdering van zware metalen	26
4.6. Aspecten bij de keuze van combinatie van technieken	26
5. kosten van zuiveringstechnieken.	27
5.1. Uitwerking zuiveringstechnieken, eisen en kosten.	30
5.2. Kostenaspecten mogelijke zuivering voor de eerste perioden in de vulfase.	32
5.3. Restlozing na voorgestelde zuivering.	33
5.4. Relatie kosten retourwaterzuivering en in situ hoeveelheden baggerspecie.	33
6. Niet omdijkte depots	34
6.1. Acceptatiecriteria	34
6.2. Overslag, storten en vulstrategie.	35
6.3. Uitsleep, invloed van wind en scheepvaart.	37
7. Conclusies.	38
8. Literatuur.	42
BIJLAGEN.	43

Verklarende woordenlijst.	44
Bijlage 1. Waterbalans depot.	46
Bijlage 2. Samenstelling en eigenschappen van het retourwater	47
Bijlage 3. Kostenberekeningen.	48
Bijlage 4. Depot Hollandsch Diep	49
Bijlage 5. Depot Ketelmeer.	51
Bijlage 6. Depot Averijhaven.	54
Bijlage 7. Depot Amerikahaven.	56
Bijlage 8. Vergelijking depots op basis van geloosde vrachten.	59

Voorwoord.

In het kader van de Wet Verontreiniging Oppervlaktewater (WVO) is een studie verricht voor het formuleren van eisen aan de lozing van retourwater uit grootschalige baggerspeciedepots.

Voor 4 grootschalige depots, Ketelmeer, Hollands Diep, Averijhaven en Amerikahaven zijn thans de vergunningprocedures in gang gezet.

Deze studie zal onderdeel uitmaken van de advisering van de vergunningverlenende instanties in het kader van de WVO.

Voor de voorliggende studie is gebruik gemaakt van informatie van de covernota van de Projectgroep Speciedepots en onderliggende nota's (Lit. 1,2).

In de studie is een voorbeschouwing opgenomen. Dit hoofdstuk vormt geen onderdeel van de studie, maar is opgenomen ter verduidelijking van achtergronden en aannamen in de studie.

In de werkgroep "beoordeling van de lozing van retourwater uit baggerspeciedepots" waren de volgende personen vertegenwoordigd:

Mw. L. Luijten (voorzitter)	Hoofddirectie van Rijkswaterstaat
Dhr. S. Plantenga	Hoofddirectie van Rijkswaterstaat
Dhr. B. Uiterwijk Winkel	Regionale directie Zuid-Holland
Dhr. J. Graansma	Regionale directie Noord-Holland
Dhr. J. Gerardts	Regionale directie Flevoland
Dhr. H. Abelman	Regionale directie Flevoland
Dhr. D. Luijendijk	Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling
Dhr. J. Hartnack (secretaris)	Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling

0. Samenvatting

Bij de exploitatie van omdijkte baggerspeciedepots (zowel op land als in oppervlaktewater) komt retourwater vrij dat wordt geloosd op oppervlaktewater.

In de landelijke Beleids MER (lit. 7.) en het daarbij behorende Beleidsstandpunt verwijdering baggerspecie (lit. 8.) is aangegeven dat baggerspeciedepots dienen te voldoen aan I.B.C.- criteria. Dit beleid is dus ook van toepassing op de lozingen vanuit deze depots. Verspreiding van verontreiniging door de lozing dient dan ook zoveel mogelijk te worden voorkomen.

Het retourwater uit omdijkte depots kenmerkt zich door hoge debieten die in de loop van de exploitatieperiode afnemen (de exploitatieperiode is, voor wat betreft het retourwater verdeeld in twee perioden, de vulfase en de consolidatiefase).

De hoeveelheid verontreiniging, met name gebonden aan het zwevende stof, neemt in de loop van de vulfase toe.

Het retourwater is verontreinigd met zwevende stof, zware metalen, organische microverontreinigingen (PAK's, PCB's, chloorbenzeen, minerale olie en bestrijdingsmiddelen), fosfaat en stikstofverbindingen. De zware metalen en organische microverontreinigingen (PAK's en PCB's) zijn voor het grootste deel aan het zwevende stof gebonden, terwijl fosfaat en stikstof in opgeloste vorm aanwezig zijn.

Bij de exploitatie van omdijkte depots zijn verschillende fasen te onderscheiden.

De aard en omvang van de lozing is verschillend per fase. In de eerste fase, de onderwaterfase, staat er nog minimaal 5 meter water boven het slibpakket. De bezinking van het zwevende stof wordt nog niet verstoord door de wind, de lozing bevat nog zeer weinig zwevende stof. In de volgende fasen (de tussen- en bovenwaterfase) wordt de bovenstaande laag water kleiner en gaat het zwevende stof gehalte als gevolg van windinvloeden toenemen. Ook het stikstofgehalte stijgt. Dit is het gevolg van de lagere debieten en een geringere verdunning door het bovenstaande water, in deze perioden.

Het Nederlandse waterkwaliteitsbeleid is verwoord in de derde Nota waterhuishouding (en eerder in het Indicatief Meerjaren Programma 1985-1989) en is gestoeld op twee uitgangspunten namelijk; de vermindering van de verontreiniging en het stand-still beginsel.

Voor de lozingen vanuit baggerspeciedepots betekent krijgt het beleid als volgt uitwerking. Een eerste stap bij het beperken van de emissies is het voorkomen ervan door een gericht depotmanagement. Er zijn verschillende beheersmaatregelen toe te passen, die bijdragen aan een beperking van de lozing:

- regelen van de afluut van het water. Zo veel mogelijk zal bij het afluut van water rekening gehouden moeten worden met het zwevende stofgehalte. Zo kan het afluut van retourwater tijdens perioden van storm worden uitgesteld. Ook kan voorafgaand aan een groot aanbod van specie reeds water uit het depot worden gelaten om de verblijftijd van het retourwater te verlengen. Dit te lozen retourwater dient dan wel aan de te stellen eisen te voldoen.

- recirculatie van retourwater.

Door het hergebruik van retourwater voor het verpersen van baggerspecie wordt het debiet verkleind. Dit kan variëren van 30% in de onderwaterfase tot 60 % in de bovenwaterfase. Dit betekent enerzijds een reductie van de geloosde vracht, en anderzijds een kleinere dimensionering van een eventueel te plaatsen zuivering.

- Nitrificeren en denitrificeren in het depot.

Nitrificatie zou mogelijk gestimuleerd kunnen worden door een interne circulatie met beluchting in het depot. Of dit mogelijk is in alle perioden van de exploitatiefase is onderwerp van onderzoek.

Theoretisch beschouwd zou denitrificatie in het depot mogelijk kunnen zijn door een anaerobe waterlaag in de onderwaterfase, in de latere perioden zou mogelijk de anaerobe toplaag van het sediment voor denitrificatie kunnen zorgen.

De aanpak van de dan nog resterende lozing dient ten aanzien van de zwarte lijststoffen tenminste te gebeuren door toepassing van de emissie-aanpak op grond van Best Bestaande Technieken. De kosten spelen daarbij in eerste instantie een minder overwegende rol dan bij toepassing van de Best Uitvoerbare technieken; de technieken moeten wel in de praktijk kunnen worden toegepast. Opgemerkt dient te worden dat de zwarte lijst stoffen in zeer lage concentraties voorkomen. Bepalend in dit verband is het gehalte aan onopgeloste bestanddelen.

De zuivering van het retourwater dient zich, zoals reeds is opgemerkt, te richten op de verwijdering van zwevende stof en stikstofverbindingen. De andere verontreinigingen zijn in zodanige concentraties aanwezig dat de verontreinigingen niet of alleen tegen zeer hoge kosten te verwijderen zijn.

Voor zwevende stofverwijdering zullen best uitvoerbare technieken worden toegepast. Dit impliceert in ieder geval een dubbele bezinking. Naast de bezinking in het depot zullen nageschakelde technieken zoals bezinkbassin en zandfilter, wanneer noodzakelijk, ingezet worden.

Met toepassing van bezinking zijn concentraties van 20-50 mg/l in het te lozen water haalbaar. In het begin van de vulfase zullen de concentraties, zeker bij een goed depotmanagement, lager zijn (10-20 mg/l). Voorgesteld wordt voor de onderwaterfase in de vergunning een eis voor zwevende stof van 50 mg/l op te nemen, met daarbij een onderzoeksverplichting, gericht op verdergaande zuivering.

Deze aanvullende technieken zullen in ieder geval tijdens de tussen- en bovenwaterfase toegepast moeten worden, maar afhankelijk van het onderzoek ook eerder. Een eis van ten hoogste 20 mg/l zwevende stof voor deze laatste perioden lijkt haalbaar. Daarmee ligt het zwevende stofgehalte in het te lozen water niet hoger dan in het ontvangende oppervlaktewater.

Voor een volledige verwijdering van ammonium en nitraat uit het retourwater zou nitrificatie en denitrificatie moeten worden toegepast. Hierbij zijn twee opties van verwijdering mogelijk: toepassing van stikstofverwijdering met nageschakelde zuiveringsapparatuur, of nitrificatie in het recirculatiewater en denitrificatie in het depot zelf.

Om technische redenen wordt gekozen voor de laatste optie.

Gedacht kan worden om in de vergunning een onderzoeksverplichting op te nemen waarbij een jaargemiddeld gehalte van 15 mg ammonium-N/l als streven wordt opgenomen. Voor denitrificatie in het depot, zal in het kader van de vergunningverlening voorgesteld worden een onderzoeksverplichting op te nemen.

In de onderstaande tabel worden de mogelijke eisen samengevat.

Mogelijke eisen aan omdijkte depots.

Parameter	eis	onderzoeksverplichting met eis.	onderzoeksverplichting.
debiet	recirculatie	max. hergebruik.	
zwevende stof	onderwaterfase 50 mg/l tussen- en bovenwaterfase 20 mg/l	in situ en additioneel, 20 mg/l	
Ammonium			in situ en additioneel nitrificatie 15 mg $\text{NH}_4^+\text{-N/l}$
nitraat			in situ denitrificatie

De kosten voor zuivering in depot zijn thans moeilijk in te schatten, aangezien deze afhangen van het onderzoek wat in het kader van de vergunningverlening dient te worden opgestart. De kosten zijn mede afhankelijk in hoeverre ook recirculatie kan worden toegepast en de concentraties verontreinigingen in het retourwater zodanig hoog zijn dat additionele zuivering mogelijk wordt.

Voor de in de laatste periode van de vulfase en de consolidatiefase te plaatsen zuiveringsinrichting zijn kosten aangegeven.

* Niet omdijkte depots.

Voor een onderwaterdepot is het treffen van zuiveringstechnische voorzieningen niet of nauwelijks mogelijk. Het retourwater is niet op te vangen en te zuiveren.

Bovendien kan tijdens het vullen zwevende stof zich verspreiden.

Dit betekent dat de aandacht in de vergunningverlening zich dient te richten op acceptatiecriteria voor de baggerspecie, de wijze van overslag, storten en vullen van specie in het depot, de maximale vuldiepte, invloed van wind en scheepvaart en de wijze van afdekking van de put.

Naast acceptatiecriteria op basis van uitgetreden poriewater kunnen er, mede doordat er ook verspreiding van zwevende stof door de stortactiviteiten kan plaatsvinden, absolute grenzen in de vergunning opgenomen worden. Voorgesteld wordt, mede doordat in de nabije toekomst de water- en waterbodempkwaliteit zal verbeteren, specie die in open depots zal worden geborgen niet zwaarder verontreinigd mag zijn dan de interventiewaarde uit de ENW (Evaluatie Nota Water). Dit betekent dan eveneens dat een overschrijding van het BAGA niet is toegestaan.

- * Afweging m.b.t. de beoordeling van de stort van baggerspie in een open of gesloten depot.

Uit de berekeningen in bijlage 8 kan worden afgeleid dat de vrachten aan verontreinigingen, uitgezonderd stikstof, uit de omdijkte depots groter zijn dan uit de niet omdijkte depots.

Hierbij moet worden aangetekend dat de vracht uit de omdijkte depots betrekking heeft op ongezuiverde lozingen.

Bij de omdijkte depots zal zuivering van het retourwater leiden tot een verlaging van de geloosde vracht. Deze gereduceerde vracht komt, afhankelijk van de te stellen eisen, waarschijnlijk lager uit dan de vracht die uit open depots komt.

Bij open depots blijkt verder dat de verhouding geloosde vracht/ geborgen vracht nagenoeg gelijk blijft, dit betekent dat de geloosde vracht toeneemt wanneer zwaarder verontreinigde baggerspecie wordt geborgen.

De enige mogelijkheid om de geloosde vrachten uit een depot te beperken is het stellen van acceptatiecriteria.

Dit betekent, mede doordat in de nabije toekomst de water- en waterbodemkwaliteit zal verbeteren, dat specie die in open depots geborgen mag worden niet zwaarder verontreinigd mag zijn dan de interventiewaarde.

Dus mede op basis van de verontreinigingsgraad van de specie dienen maatregelen getroffen te worden om de verspreiding van verontreinigingen zoveel mogelijk te voorkomen.

Dit betekent bij een omdijkt depot het stellen van lozingseisen aan het zwevende stof, en bij een niet omdijkt depot het verplicht stellen van bepaalde storttechnieken en acceptatiecriteria voor de baggerspecie.

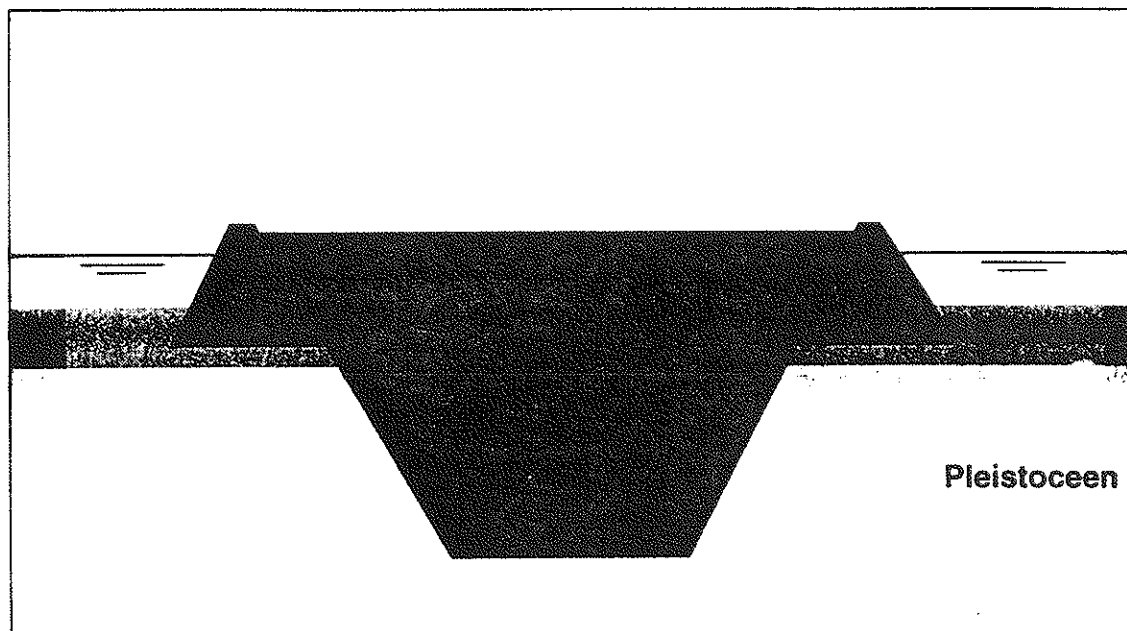
Vervolgens dient het probleem van de stikstoflozing te worden beoordeeld.

Stikstof komt van nature voor in de waterbodems. De verontreinigingsgraad van de waterbodem is hierbij niet van belang. Wel is de hoeveelheid afbreekbaar organische stof van belang. In zandige sedimenten is de poriewaterconcentratie van ammoniumstikstof ± 35 mg/l. In zeer slibbige sedimenten kan de poriewaterconcentratie oplopen tot 250 mg ammonium-N/l. Dit betekent dat bij de berging van baggerspecie onafhankelijk van de verontreinigingsgraad van de baggerspecie stikstof zal vrijkomen. In het omdijkte depot door de lozing van het retourwater, in niet omdijkte depots als gevolg van de consolidatieflux.

De vrachten uit de verschillende depots verschillen weinig voor wat de stikstofflux betreft. Echter in omdijkte depots ontstaat door het vullen van het depot een situatie waarin hoge ammoniumconcentraties (60 tot 100 mg ammonium-N/l) kunnen optreden.

Voorbeschouwing.

Voor het uitwerken van mogelijke technieken voor het zuiveren van retourwater is gebruik gemaakt van reeds eerder uitgevoerd onderzoek. In het kader van door de Hoofddirectie van Rijkswaterstaat uitbesteed onderzoek aan de Bouwdienst van Rijkswaterstaat zijn berekeningen uitgevoerd aan een zgn. "referentie" ontwerp van een baggerspeciedepot, dit mede om de ontwerpaspecten van een depot door te rekenen. In voornoemde studie is een waterbalans en een gevoeligheidsstudie gemaakt m.b.t. het retourwater (zie lit. 1). Op basis van de waterbalans en de gevoeligheidsanalyse is een inventarisatie van zuiveringstechnieken voor het retourwater uitgewerkt (zie lit.2). Dit betekent dat de zuiveringstechnieken en kosten betrekking hebben op het referentie ontwerp. In het vervolg van de studie zal dan ook met de referentie-waterbalans en de hierop gebaseerde inventarisatie van de zuiveringstechnieken worden gerekend. Voor een beter begrip van de aannamen en berekeningen zal in de voorbeschouwing dieper worden ingegaan op de achtergronden en aannamen die ten grondslag hebben gelegen aan de in het referentie ontwerp gemaakte waterbalans en gevoeligheidsanalyse.



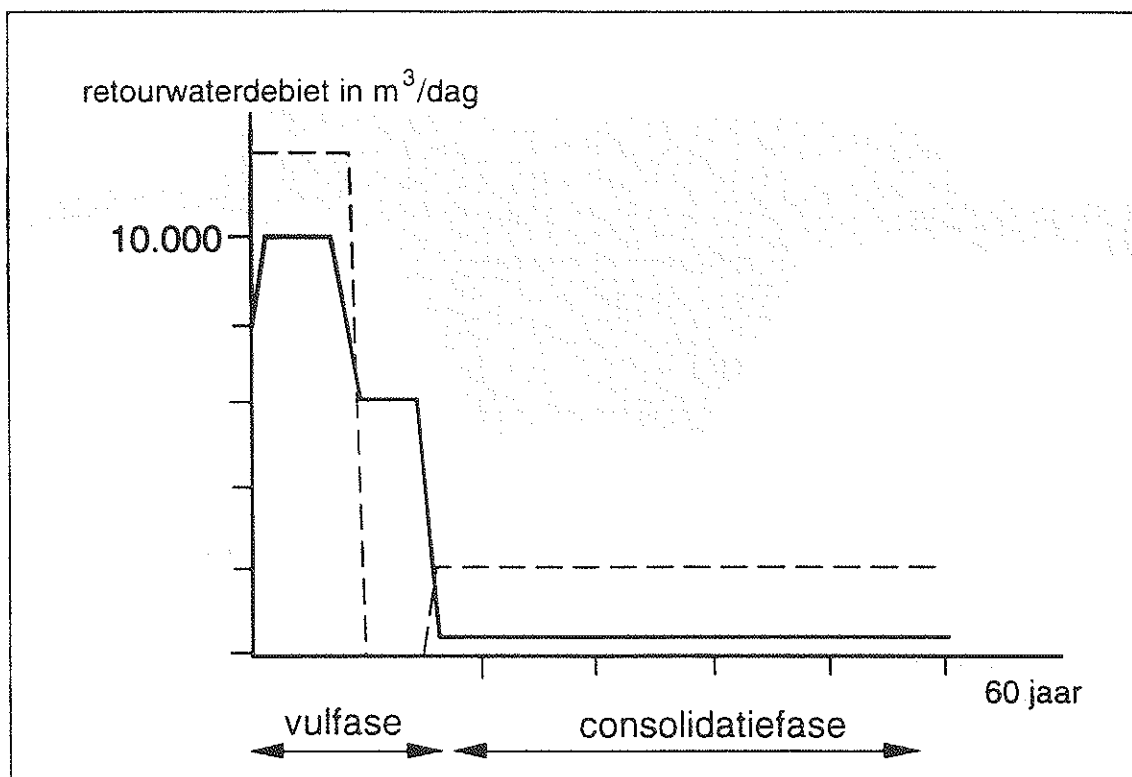
Figuur 1 : Bergingsprincipe eiland met put, specie deels boven water.

Het depot waarvoor de berekeningen zijn uitgevoerd is een "referentie depot", dat de volgende kenmerken heeft (zie fig.1):

- het depot heeft een putdiepte van 25 meter -NAP, met dijken die 5 meter boven het wateroppervlak (het wateroppervlak ligt op ± 3.30 +NAP) uitsteken. Voor de taludhelling wordt 1 op 5 aangehouden.
- het depot is bedoeld voor de berging van 15 miljoen m^3 in situ baggerspecie (dit betekent met een volumefactor van ± 2.5 een berging van ± 40 miljoen m^3).
- Al het vrijkomende water wordt als retourwater afgevoerd.
- Er wordt peilbeheersing uitgevoerd (peil zolang mogelijk op 4.5 m -NAP) en verder zal er altijd een waterschijf van 1 meter op de specie aanwezig blijven.

Waterbalans.

De basis voor de berekeningen van debieten en concentraties, en als resultante hiervan de vrachten, is de waterbalans die wordt opgesteld. De waterbalans wordt samengesteld uit de netto neerslag ($354 \text{ m}^3/\text{d}$) de baggerproductie in m^3/d (bestaande uit het verdringingswater en het perswater) en het consolidatiedebiet vanuit de specie (deze is berekend met het model FSconbag). In de eerste 10 jaar (onderwater- en tussenfase) van het vullen van het referentiedepot heeft de baggerproductie het grootste aandeel in het retourwater. Dit betekent eveneens dat het aanbod van specie in deze fase vooral de hoeveelheid retourwater bepaalt. In de laatste periode van de vulfase is het verdringingswater tot nul gereduceerd en de debieten zullen in deze periode ook snel afnemen. Kort samengevat (zie ook bijlage 1) verloopt het retourwaterdebiet van $\pm 8000 \text{ m}^3/\text{d}$ in de beginfase tot $10.000 \text{ m}^3/\text{d}$ in de fase van 2 tot 7 á 8 jaar om daarna in de laatste periode van de vulfase uit te komen op $\pm 6.000 \text{ m}^3/\text{d}$. In de consolidatiefase (van 14 tot 200 jaar, dit is bij de samenstelling van de specie die in het referentieontwerp is gekarakteriseerd, bij een zandige specie zal de consolidatie sneller verlopen) loopt het debiet van $1300 \text{ m}^3/\text{dag}$ terug tot $\pm 400 \text{ m}^3/\text{dag}$ (zie fig.2).



Figuur 2. retourwaterdebiet. (de onderbroken lijn geeft het retourwaterdebiet aan met dikke kwel)

Uit een vergelijking tussen de waterbalans in bijlage 1. en de debieten in bijlage 2, die als basis is gebruikt voor het berekenen van kosten voor de zuiveringstechnieken (lit. 2) blijkt dat in lit. 2 de debieten een iets andere ordegrrootte hebben dan op basis van de waterbalans zou zijn af te leiden.

Er is getracht in lit.2. de grote spreiding van debieten die voorkomen, en die zuiverings-technisch voor nogal wat problemen zorgen, via een zodanige wijze te benaderen, dat het zinnig wordt op deze debieten zuiveringstechnieken te dimensioneren. Dit betekent dat de debieten welke in lit.2 bij de verschillende perioden van de vulfase zijn gebruikt niet geheel overeenstemmen met de waterbalans van bijlage 1.

Echter gezien de lokatiespecifieke omstandigheden (depotmanagement, vulstrategie) van de binnenkort te realiseren depots zullen er eveneens verschillen optreden in debieten en concentraties van het retourwater. Er kan van worden uitgegaan dat de in lit.2. geïnventariseerde technieken en kosten van deze technieken een redelijk overall beeld geven van, bij verschillende debieten en concentraties, te gebruiken zuiveringstechnieken.

Echter, zoals ook reeds in lit. 2. is aangegeven zal voor iedere lozingssituatie apart een waterbalans dienen te worden opgesteld en dienen zuiveringstechnieken apart beoordeeld te worden, waarbij in de meeste gevallen deze deskstudie gevolgd zal moeten worden door een pilotplant studie.

Zwevende stof.

Naast de debieten spelen de gehalten aan verontreinigingen een rol in de kiezen zuiverings-techniek.

De meeste verontreinigingen zijn gebonden aan het zwevende stof. Een inzicht in deze parameter geeft inzicht in mogelijkheden voor zuivering.

Het zwevende stofgehalte in het retourwater is sterk afhankelijk van de wijze waarop de specie in depot wordt gebracht, verder van wind en stromingsinvloeden die kunnen ontstaan in het depot en van de verblijftijd van het zwevende stof in het depot.

Dit betekent voor een omdijkt depot waarin de specie wordt gestort m.b.v. een valpijp en diffusor, dat de factoren verblijftijd en de externe beïnvloeding, de zwevende stofconcentratie bepalen. In het verloop van de vulfase blijkt dan ook wanneer de verblijftijden van het retourwater in het depot korter worden, de zwevend stofconcentraties oplopen. In de beginfase van gemiddeld 10 mg/l, via gemiddeld 50 mg/l naar 200 mg/l in de laatste periode van de vulfase. Deze waarden kunnen in stormperioden zeer snel oplopen tot ver boven de 200 mg/l.

Omdat deze perioden zich maar kort voordoen en het opgewoelde sediment weer snel bezinkt, worden deze perioden beheersmatig, in plaats van zuiveringstechnisch opgelost (in perioden van hoge zwevend stofgehalten wordt geen retourwater geloosd).

In de consolidatiefase zal tot ± 80 jaar na de vulfase de hoeveelheid water op het depot nog zodanig laag zijn ($\pm 1-5$ meter) dat er nog sterke weersbeïnvloeding van het slib zal plaatsvinden, d.w.z. dat er in deze periode nog rekening gehouden moet worden met zwevende stofgehalten van ± 200 mg/l. Geleidelijk aan zal de specie verder inklinken en zal er een grotere laag water, gevormd door neerslag en consolidatiewater, ontstaan die dieper is dan ± 5 meter. In deze periode zal de zwevend stofconcentratie teruglopen naar 50 mg/l. Deze situatie zal tot het einde van de consolidatieperiode blijven bestaan.

Verontreinigingen in het retourwater.

Zoals reeds is vermeld zijn de meeste verontreinigingen gebonden aan het zwevende stof, dit vanwege de eigenschappen van de verontreinigingen. Persistent, lipofiel en voor wat betreft de zware metalen, deze kunnen door hun ionogene vorm binnendringen in kleicomplexen en hieraan gebonden worden. Verder ontstaan in anaërobe sedimenten metaalsulfide complexen die nagenoeg onoplosbaar zijn. Echter, een deel van de verontreinigingen komt door het baggeren, transport en storten wederom in de waterfase terecht en kan dan in retourwater voorkomen. De hoeveelheid verontreiniging die opgelost danwel gebonden in het retourwater voorkomt is per stof verschillend.

Globaal zijn drie categorieën verontreinigingen te onderscheiden:

- organische microverontreinigingen
- zware metalen
- ammonium en nitraat

Zowel de organische microverontreinigingen (omives) als de zware metalen hechten zich aan het zwevende stof. De concentratie verontreinigingen in het retourwater is daarmee mede afhankelijk van de hoeveelheid zwevende stof. Voor deze stoffen is het dus van belang om de hoeveelheid zwevende stof in het retourwater te weten. De omives hechten zich ook aan het opgeloste organische stof (Dissolved Organic Carbon, DOC) in het depotwater. Ammonium en nitraat komen voornamelijk in opgeloste vorm voor.

Voor zowel de omives als de zware metalen is er een evenwicht tussen de hoeveelheid opgeloste en aan zwevende stof gebonden verontreinigingen. Het evenwicht is sterk afhankelijk van de chemische en fysische omstandigheden in het depot.

De verdeling van de omives over de verschillende bindingsvormen kunnen worden bepaald met verdelingscoëfficiënten. Deze zijn voor verschillende stoffen experimenteel bepaald. Voor de omives zijn de organisch koolstof-water (K_{ow}) en water-DOC (K_{doc}) verdelingscoëfficiënten van belang (deze coëfficiënten zijn te berekenen uit vaste verhoudingen met de octanol-watervedeling, K_{ow}). Verder zijn de fractie koolstof en het DOC-gehalte van belang. Alleen op het DOC-gehalte wordt wat dieper ingegaan, omdat van deze parameter weinig analysegegevens bekend zijn. Echter het DOC-gehalte heeft grote invloed op hoeveelheid opgeloste omives. Bij gehalten van 30 mg DOC/l en meer worden de gehalten opgeloste omives significant. De gehalten DOC in het retourwater kunnen per depot verschillen, afhankelijk van microbiële activiteit en gehalten organische stof in het slib. Thans zijn de gehalten DOC in de Slufter rond de 8 -10 mg/l. Voor het depot Haringvliet Hollands-Diep is met gehalten van 30 mg/l gerekend. Voor het referentie ontwerp is gerekend met 50 mg/l als zijnde een worst-case benadering. Dit betekent dat er een overschatting van het opgeloste gehalte omives heeft plaatsgevonden.

De zware metalen komen in het retourwater gebonden aan het zwevende stof en opgelost voor. Bij deze verdeling speelt de K_d -waarde een grote rol. De K_d -verdelingscoëfficiënt is afhankelijk van:

- de adsorptiecapaciteit van het zwevende stof, ook wel aangeduid met C(ation Exchange) C(apacity)(meer lutum en organische stof geeft meer binding)
- de zuurgraad van het water (lagere zuurgraad geeft meer opgeloste metalen)
- de saliniteit. (Cl- atomen kunnen zware metalen complexeren, bv. $CdCl_2$)

Uit de berekingen in Lit.1. blijkt dat de zware metalen vnml. aan het zwevende stof gebonden voorkomen. De opgeloste concentraties blijken, behoudens koper en kwik die in lichte mate overschrijden, allemaal onder de grenswaarden uit de Evaluatie Nota Water te liggen.

Uit Lit.1. blijkt verder dat de verschillen in totaal concentratie voor de omives en zware metalen worden veroorzaakt door de zwevend stofconcentratie en dat de evenwichtswaarde voor het opgeloste deel van de zware metalen en omives snel bereikt wordt en dan constant blijft. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat er altijd zwevende stof in het depotwater aanwezig is.

Wanneer er zich meer opgeloste verontreinigingen in het depotwater bevinden (uittreden poriewater of atmosferische depositie) zal er zich een evenwicht gaan instellen met het "relatief" minder verontreinigde slib tot er wederom een evenwichtssituatie ontstaat. Wanneer vuiler slib wordt gestort in het depot zal er zich wederom een evenwicht instellen. Er gaan dan meer verontreinigingen in oplossing. Er zal zich in de loop van de tijd een evenwicht instellen waarbij de verschillen in concentraties alleen nog afhankelijk zijn van de verschillen in zwevend stofconcentraties.

Door afbraak van organische stof in het slib wordt NH_4^+ (ammonium) gevormd.

Het gevormde ammonium wordt omgezet in nitraat. Dit proces heet nitrificatie.

Bij nitrificatie wordt zuurstof verbruikt, dit betekent dat bij het lozen van retourwater met hoge ammonium-gehalten zuurstofdaling in het oppervlaktewater kan optreden.

Verder kan de ammonium omgezet worden in het toxische ammoniak.

Het nitraat wordt wederom omgezet in N_2 en N_2O (lachgas). Dit proces wordt denitrificatie genoemd.

De gehalten aan ammonium en nitraat zijn afhankelijk van een aantal factoren;

- Afbraaksnelheden van organische stof en daarmee de poriewaterconcentratie van NH_4 (120 mg/l),
- de hoeveelheid poriewater,
- de nitrificatie- en denitrificatiesnelheid (resp. 0.05/dag en 0.02/dag).

De hoeveelheden ammonium die ontstaan kunnen vooral wanneer de waterschijf boven de specie gering is, hoog oplopen. Het ammonium bindt zich niet aan het zwevende stof en zal m.b.v. in situ reiniging danwel additionele zuiveringstechnieken uit het water moeten worden gehaald.

In bijlage 2 zijn de debieten en concentraties over de verschillende perioden van de vulfase aangegeven. De concentraties van de verontreinigingen hebben betrekking op de gemiddelde totaalgehalten van de verontreinigingen. De consolidatiefase is niet aangegeven in bijlage 2. Gezien de debieten en concentraties in de consolidatiefase, die vergelijkbaar zijn met de debieten en concentraties in de laatste fase van de vulfase, wordt bij het inventariseren en berekenen van kosten van zuiveringstechnieken aangesloten bij de vulfase.

1. Inleiding.

Bij de exploitatie van omdijkte baggerspeciedepots (zowel op land als in oppervlaktewater) komt retourwater vrij dat moet worden geloosd op oppervlaktewater.

In de landelijke Beleids MER (lit. 7.) en het daarbij behorende Beleidsstandpunt verwijdering baggerspecie (lit. 8.) is aangegeven dat baggerspeciedepots dienen te voldoen aan I.B.C.- criteria. Dit beleid is dus ook van toepassing op de lozingen vanuit deze depots. Verspreiding van verontreiniging door de lozing dient dan ook zoveel mogelijk te worden voorkomen.

Tot op heden werden in Wet Verontreiniging Oppervlaktewater (WVO)-vergunningen die betrekking hadden op lozingen vanuit depots waarin vnml. onderhoudsbaggerspecie werd geborgen, uitsluitend eisen opgenomen m.b.t. het beperken van de zwevende stof in het retourwater. Deze eis was ingegeven door onderzoek bij verschillende depots waarbij bleek dat het grootste deel van de verontreinigingen gebonden was aan het zwevende stof. Een beperking van het zwevende stofgehalte werd in het waterkwaliteitsbeleid, waarin vermindering van de verontreiniging en het stand-still beginsel als toetskader werden gebruikt als voldoende maatregel gekenschetst.

Vanuit de optie dat de thans te realiseren depots vnml. saneringsspecie zullen bevatten, die over het algemeen een hogere verontreinigingsgraad heeft, dient vanuit de IBC-criteria naar de verspreidingsroutes vanuit het depot te worden gekeken.

Deze verandering van optiek maakte ook een heroverweging m.b.t. lozingen vanuit deze depots noodzakelijk.

Hiervoor is onderzoek gestart in het kader van de binnenkort te realiseren depots.

De resultaten van het onderzoek zijn voor wat betreft de retourwaterbeïnvloeding vastgelegd in lit. 1 en 2. Op basis van de hiervoor genoemde onderzoeken wordt in dit document een beoordeling en een heroverweging gemaakt m.b.t. de lozingen uit deze depots.

Het beleid inzake lozingen zal worden vertaald, voor wat betreft de te voorspellen situaties, in eisen aan het retourwater en voor wat betreft de onzekerheden, in aanbevelingen voor nader onderzoek.

De getallen en aannamen die in dit document worden genoemd komen uit lit. 1 en 2 en zijn in de voorbeschuwing nader toegelicht.

Het retourwater uit omdijkte depots bestaat uit verdringingswater (1 m^3 gestorte specie geeft 1 m^3 retourwater), perswater (voor het verpompen van specie vanuit het baggerschip naar het depot), consolidatie (inklinkings) water en het neerslagoverschot. De eigenschappen van het retourwater uit omdijkte depots kenmerkt zich door hoge debieten die in de loop van de exploitatieperiode (de exploitatieperiode is, voor wat betreft het retourwater verdeeld in twee perioden, de vulfase en de consolidatiefase) afnemen terwijl de verontreiniging, met name het zwevende stofgehalte, in de loop van de vulfase toeneemt. Deze algemene tendens geldt voor alle omdijkte depots en is uitgewerkt in lit 1 en 2. maar is afhankelijk van de isolatie van het depot, vulstrategie, het baggerspecieaanbod, mate van recirculatie en het depotmanagement.

Het water uit de omdijkte depots is verontreinigd met zwevende stof, zware metalen, organische microverontreinigingen (PAK's, PCB's, chloorbenzeen, minerale olie en bestrijdingsmiddelen), fosfaat en stikstofverbindingen.

Zoals reeds in de voorbeschouwing is aangegeven blijkt dat de zware metalen en organische microverontreinigingen (PAK's en PCB's) vnml. aan het zwevende stof zijn gebonden. Naast de aan het zwevende stof gebonden verontreinigingen zijn een aantal verontreinigingen in opgeloste toestand aanwezig.

Naast de stikstofverbindingen en fosfaat die geheel opgelost zijn, komen ook lage tot zeer lage gehalten zware metalen, PAK's en PCB's in oplossing en dus in het retourwater voor. De andere voorkomende stoffen worden geacht eenzelfde gedrag te vertonen als de reeds genoemde parameters en zullen zich bij zuivering op een vergelijkbare manier gedragen. Met betrekking tot het fosfaatgehalte wordt opgemerkt dat, met uitzondering van berging van geëutrofiëerde waterbodems, het gehalte aan fosfaat in het retourwater ligt op een niveau van 1-2 mg/l (dit gehalte ligt op het niveau van eisen die voor fosfaat aan RWZI's wordt gesteld). Het lijkt er in eerste instantie op dat de beheersmatige omgang met het depot en de zuivering van het retourwater zich richt op het reduceren van het zwevende stofgehalte en het gehalte aan stikstofcomponenten.

De debieten, concentraties, zuiveringstechnieken en kosten zijn per fase in de exploitatieperiode weergegeven. Voor de verschillende fasen in de exploitatieperiode zal de volgende globale indeling worden gebruikt (zie ook lit. 1 en 2 voor een verdere onderverdeling):

De eerste fase (in lit. 2, fase 0-6 jaar) van de exploitatieperiode zal worden aangeduid als de onderwaterfase, de fase waarin het depot zover is opgevuld met baggerspecie dat er nog 5 meter water boven het slibpakket staat. Deze fase kenmerkt zich door hoge debieten en een laag zwevende stofgehalte. Het retourwater wordt in deze fase gevormd door verdringingswater, perswater, consolidatiewater en het neerslagoverschot. In deze fase heeft de wind geen invloed op de bezinking van het zwevende stof in het depot. Voor de vrachtberekening (zie tabel 1) van de onderwaterfase (6 jaar) zijn het gemiddelde debiet (10.000 m³/dag) over deze periode, het gemiddelde zwevende stofgehalte (10 mg/l) en het gemiddelde stikstofgehalte (NH₄-N 15 mg/l, NO₃-N 10 mg/l) gebruikt.

De tweede fase (in lit. 2, fase 6-8.5 jaar) "tussenfase" genoemd is de periode waarbij baggerspecie wordt gestort en de waterschijf van 5 meter bovenstaand water naar ± 1 meter bovenstaand water wordt gereduceerd. Deze fase kenmerkt zich door verhoogde zwevende stofgehalten als gevolg van weersinvloeden. Het retourwater wordt in deze fase gevormd door verdringingswater, perswater, consolidatiewater en het neerslagoverschot. Door de kleinere hoeveelheden te storten baggerspecie in deze periode zijn de hoeveelheden verdringingswater, perswater, consolidatiewater kleiner dan in de voorgaande periode. Voor de vrachtberekening (zie tabel 1) van de tussenfase (2.5 jaar) zijn het gemiddelde debiet (6.000 m³/dag) over deze periode, het gemiddelde zwevende stofgehalte (50 mg/l) en het gemiddelde stikstofgehalte (NH₄-N 45 mg/l, NO₃-N 20 mg/l) gebruikt.

In de laatste fase van de vulfase (in lit.2. fase 8.5-13 jaar) staat boven de specie een waterlaag van ± 1 meter. Er vindt sterke wind- en stromingsinteractie plaats tussen de specie en het bovenstaande water. De debieten zijn afgenomen (geen verdringingswater) echter de verontreinigingsgraad van het retourwater, met name het zwevende stofgehalte, is toegenomen. Voor de vrachtberekening van de bovenwaterfase (4.5 jaar) zijn het gemiddelde debiet (1.000 m³/dag) over deze periode, het gemiddelde zwevende stofgehalte (200 mg/l) en het gemiddelde stikstofgehalte (NH₄-N 80 mg/l, NO₃-N 20 mg/l) gebruikt.

In volgende hoofdstukken zal naast een karakterisering van debieten en concentraties van verontreinigingen ingegaan worden op de mogelijke wijze van beheersmatige omgang met het depot om de concentraties aan verontreinigingen en debieten te verminderen. Daarnaast zullen mogelijke zuiveringstechnieken worden bekeken op hun haalbaarheid en kostenaspecten. Er zal worden ingegaan op de wijze van omgang met stortingen in diepe niet omdijkte depots. Verder wordt ingegaan op de in de nabije toekomst te ontwerpen en aan te leggen depots nml. de drie omdijkte depots; Ketelmeer, Hollandsch Diep en de Averijhaven en het putdepot de Amerikahaven. Een vergelijking met het referentiedepot zal worden gemaakt. In de conclusies zullen aanbevelingen worden gedaan voor eisen en mogelijk nader onderzoek in vergunningen, waarbij de eisen gerelateerd worden aan mogelijke zuiveringstechnieken.

1.1. Beleid.

Het Nederlandse waterkwaliteitsbeleid is gestoeld op een tweetal uitgangspunten namelijk; ten eerste de vermindering van de verontreiniging en ten tweede het stand-still beginsel.

Aan het eerste uitgangspunt wordt onder meer invulling gegeven door de sanering van lozingen en vervuilde waterbodems. Voor de mate van inspanning bij de sanering wordt naar de milieuschadelijkheid van de geloosde danwel verspreide stoffen gekeken. Voor de zogenaamde (potentiële) zwarte-lijststoffen geldt in beginsel dat de milieuverontreiniging met deze stoffen dient te worden beeindigd.

Dit betekent in de praktijk dat met met toepassing van Best Bestaande Technieken geprobeerd moet worden zo dicht mogelijk bij een nullozing te komen.

Voor de categorie overige stoffen moet de verontreiniging van het water zoveel mogelijk worden beperkt door de emissie aanpak onder toepassing van Best Uitvoerbare Technieken. Een verschil met de eerder genoemde Best Bestaande technieken bestaat eruit dat dat bij Best Uitvoerbare Technieken de kostenaspecten van de maatregelen een duidelijker rol spelen.

De Best Uitvoerbare Technieken zijn namelijk de technieken waarbij rekening houdend met economische aspecten (d.w.z. uit kosten oogpunt aanvaardbaar te achten voor een normaal renderend bedrijf) de grootste reductie in de verontreiniging kan worden verkregen. Hierbij geldt eveneens, evenzo als bij Best Bestaande technieken dat het overschrijden van de waterkwaliteitsdoelstellingen kan leiden tot verdergaande eisen.

Voor de thans te realiseren depots betekent dit primair een reductie van de vrachten door middel van bedrijfsinterne maatregelen. Deze maatregelen kunnen bestaan uit: 1) reductie van debieten door recirculatie van het retourwater en 2) het maximaal gebruik maken van het zuiverende vermogen van het depot.

De aanpak van de dan nog resterende lozing dient ten aanzien van de zwarte lijststoffen tenminste te gebeuren door toepassing van de emissie-aanpak op grond van Best Bestaande Technieken. De kosten spelen daarbij in eerste instantie een minder overwegende rol dan bij toepassing van de Best Uitvoerbare technieken; de technieken moeten wel in de praktijk kunnen worden toegepast.

Opgemerkt dient te worden dat de zwarte lijst stoffen in zeer lage concentraties in het retourwater voorkomen. Bepalend in dit verband is het gehalte aan onopgeloste bestanddelen.

2. Debieten, concentraties en vrachten (zie ook bijlage 2).

In tabel 1 zijn de gegevens uit bijlage 2 samengevat waarbij tevens de consolidatiefase is aangegeven. In tabel 2 zijn op basis van de gegevens van tabel 1 de vrachten voor de vul- en consolidatiefase aangegeven.

Tabel 1. Debieten en concentraties.

periode	debiet m ³ /d	tot. debiet m ³ *10 ⁶	stikstof (mg/l)		zweven- de stof (mg/l)	metalen µg/l	PAK µg/l	PCB µg/l
			NO ₃	NH ₄				
onderwaterfase	10.000	21.9	10	15	10	23.8	0.92	0.07
tussenfase	6000	3.3	20	45	50	147.4	1.2	0.09
bovenwaterfase	1000	1.6	20	80	200	263.2	1.6	0.14
totaal vulfase		26.8						
Consolidatiefase (13-80 jaar)	1000	16.5	20	80	200	263.2	1.6	0.14
Consolidatiefase (80-200 jaar)	400*	16.6	20	45	50	147.4	1.2	0.09

* = debiet vnml. bepaald door het neerslagoverschot.

De debieten en concentraties in de laatste fase van de exploitatieperiode, de consolidatiefase, worden gelijk beschouwd aan de debieten en concentraties in de laatste periode van de vulfase, de bovenwaterfase. Dit betekent dat, voor wat betreft de eisen en zuiveringstechnieken kan worden aangesloten op de eisen en zuiveringstechnieken in de bovenwaterfase. De debieten nemen in de consolidatiefase af van 1300 m³/d tot ± 400 m³/d. Ook de zwevende stof- en stikstofgehalten liggen in dezelfde ordegrootte. De aanname lijkt dan ook gerechtvaardigd om de consolidatiefase op een gelijke wijze te behandelen als de bovenwaterfase.

2.1. Mogelijkheden tot vermindering van vrachten verontreinigingen.

Bij de mogelijke zuivering van het retourwater spelen een aantal factoren een rol. Naast de concentraties en vrachten, stellen mogelijkheden om de grootte van het debiet en de kosten, de randvoorwaarden voor mogelijke zuivering. Het verloop van de debieten en concentraties is reeds in de voorbeschouwing besproken. Zoals ook blijkt uit tabel 1 en 2. treedt er een zeer wisselend beeld op in de concentraties, debieten en vrachten. Dit kan betekenen zoals bijv. in de onderwaterfase, dat in deze fase de vrachten zwevende stof en stikstof zodanig zijn dat er zuivering kan worden overwogen, echter de concentraties in het retourwater zijn zodanig laag dat deze rond mogelijke eisen aan het retourwater, m.b.t. de zwevende stof- en N-lozing, liggen.

Tabel 2. Inschatting vrachten bij debieten vlg. inventarisatie zuiveringstechnieken (Lit. 2). (tussen haken staan de vrachten per jaar aangegeven)

periode (jaar)	debiet m ³ /d	tot. debiet m ³ ·10 ⁶	vracht N ton	vracht S.S. ton	zware metalen kg	PAK's kg	PCB's kg
onderwaterfase (6)	10.000	21.9(3.7)	480 (80)	219 (36.5)	520 (87)	20.2 (3.4)	1.5 (0.25)
tussenfase (2.5)	6000	3.3 (1.3)	210 (84)	165 (66)	750 (300)	3.6 (1.4)	0.3 (0.12)
bovenwaterfase (4.5)	1000	1.6 (0.35)	160 (35.6)	320 (71)	430 (96)	2.6 (0.6)	0.2 (0.05)
totaal vulfase (13)		26.8 (2.1)	850 (65.4)	704 (54.2)	1700 (130.8)	26.4 (2)	2 (0.15)
Consolidatie- fase (± 70)	1000	16.6 (0.24)	1660 (23.7)	3320 (47.4)	4368 (62.4)	26 (0.4)	2.3 (0.03)
Consolidatie- fase (120)	400	16.5 (.10)	1073 (8.25)	830 (6.4)	2432 (19)	18 (0.14)	1.32 (0.01)

Een andere optie om de vrachten te beperken is een verlaging van de debieten.

Echter in deze fase zijn de mogelijkheden om de debieten te beperken niet direct voorhanden. Mogelijke obstakels vormen de dijkconstructie, geohydrologische situatie en de wijze van baggeren en aanvoer van de baggerspecie. (zie ook hfdst.3).

Onderzoek naar mogelijke recirculatie ter beperking van de vrachten dient wel onderzocht te worden. Zuivering lijkt ook bij een recirculatie van 30% van het retourwater nog een zodanige debiet op te leveren dat zuivering niet realistisch wordt geacht.

Dit heeft vnml. te maken met het feit dat door het hoge debiet een grote installatie moet worden uitgelegd. Een deel van de installatie kan in de rest van de vulfase worden gebruikt, echter een deel dient na 6 jaar te worden afgekoppeld. De investering voor dit deel van de installatie dient dan ook over 6 jaar te worden afgeschreven. (Een kostenindicatie wordt in hfdst. 5 verder uitgewerkt).

Een verlaging van de concentraties van de stikstofverbindingen dient gezocht te worden in een mogelijke zuivering in het depot (zie ook hfdst. 3).

In de tussenfase beginnen de concentraties op te lopen. Zuivering is gezien de concentraties mogelijk. Echter de hoeveelheid retourwater ligt nog op een zodanig niveau dat evenals in de onderwaterfase een grote installatie dient te worden uitgelegd.

Recirculatie dient dan ook zeker te worden onderzocht ter beperking van de debieten en vrachten. De mogelijke zuiveringsinstallatie zou dan vnml. voor de stikstofcomponenten moeten worden gebouwd, aangezien de zwevende stofconcentratie, zeker in het begin van de tussenfase, nog zal voldoen aan de eisen die gesteld worden.

De zuiveringsinstallatie dient voor 2.5 jaar (en dus ook over deze periode te worden afgeschreven) te worden neergezet, aangezien in de bovenwaterfase met een aanzienlijk kleinere installatie kan worden volstaan. Recirculatie kan in deze fase echter de hoeveelheid retourwater mogelijk zodanig terugdringen dat zuivering van zwevende stof en stikstofverbindingen mogelijk is. Een andere mogelijkheid is het versneld aflaten van water (4 meter water in bv. ½ jaar). Verder biedt het voortzetten van het zuiveren in het depot mogelijkheden om vrachten zwevende stof en stikstofcomponenten te beperken.

In de bovenwaterfase zijn weliswaar de vrachten kleiner dan in de voorgaande perioden, echter de concentraties zijn veel hoger. In deze periode is de mogelijkheid ook aanwezig om recirculatie van retourwater toe te passen en ook een aanzienlijke reductie van de debieten te bewerkstelligen. Verder zal de bovenwaterfase doorlopen in de consolidatiefase. De debieten en concentraties zijn nagenoeg gelijk, waardoor zuiveringstechnieken over een langere periode afgeschreven kunnen worden.

2.2. Vrachten geborgen in het depot.

Een vergelijking van de te lozen vrachten uit het depot met de geborgen vrachten leidt het volgende beeld:

Er wordt 15 miljoen m³ in situ baggerspecie met een droge stofgehalte van 51 % in het referentiedepot geborgen. In het referentieontwerp is met een gemiddelde kwaliteit specie gerekend die voorkomt in het Ketelmeer.

- zware metalen: gehalte in de specie van 3050 mg/kg d.s., dit resulteert in een geborgen vracht van 24000 ton.
- PAK's: gehalte in de specie van 6.0 mg/kg d.s., dit resulteert in een geborgen vracht van 45 ton.
- PCB's: gehalte in de specie van 0.6 mg/kg d.s., dit resulteert in een geborgen vracht van 5 ton.
- zwevende stof vracht gemiddeld per jaar 54.2 ton.
- stikstof vracht gemiddeld per jaar 65.4 ton

de ongezuiverde lozing vertegenwoordigt dan 0.035 % van de geborgen vracht aan zware metalen, 0.16% van de PAK's en 0.11 % van de PCB's.

Ter vergelijking: Door het Ketelmeer stroomt $10.6 \cdot 10^9$ m³ water per jaar, met een gemiddeld gehalte van 33 mg zwevende stof/l en 5 mg totaal stikstof/l. Dit betekent op jaarbasis een vracht van 350.000 ton zwevende stof en 53.000 ton totaal stikstof door het Ketelmeer stroomt.

3. Beheersmatige omgang met het depot.

3.1. Inleiding.

In het totaal van het depotmanagement is het beheersmatig omgaan met het depot één van de aspecten die, naast het additioneel zuiveren van het retourwater, kunnen bijdragen aan een vermindering van de verspreiding van verontreinigingen buiten het depot. In dit hoofdstuk zal dieper worden ingegaan op een aantal aspecten die, deels na nog uit te voeren vervolgstudie, kunnen bijdragen aan het verminderen van de debieten, of aan het verlagen van concentraties verontreinigingen waardoor mogelijke additionele zuivering kleiner kan worden uitgevoerd of achterwege kan blijven.

3.2. Nadere invulling depotmanagement.

In de beheersmatige omgaan met een depot zijn een aantal verschillende doelstellingen te onderscheiden. Het beheersmatig omgaan met het depot valt in twee delen uiteen;

- het "normale" beheer; zoals geen water aflaten bij storm, aflat van water regelen i.v.m. aantasting dijklichaam, recirculatie van retourwater om de baggerspecie te verpompen, etc.
- het zuiveren van te lozen water in het depot.

Het depotmanagement is zeer afhankelijk van de vulstrategie en de wijze waarop de specie wordt aangevoerd. Dit kan betekenen dat in een bepaalde perioden meer water moet worden afgelaten dan vooraf voorzien was, mede om de dijklichamen tegen afslag te beschermen danwel door een "onverwacht" groot aanbod van specie.

In de beheersmatige omgang met het depot kunnen de eigenschappen van het depot worden gebruikt om zuivering van het retourwater te bewerkstelligen. M.b.t. deze eigenschappen is de volgende onderverdeling te maken:

- terughouden van zwevende stof, enerzijds door een lange verblijftijd van het water en zwevende stof, anderzijds door tijdens stormperioden geen retourwater te lozen. Dit kan betekenen dat voor een bepaalde periode water in het depot dient te worden opgezet. Echter de mogelijkheid doet zich voor dat bij een verwacht groot aanbod van specie reeds water uit het depot gelaten wordt om bergingscapaciteit te creëren en zodoende te hoge debieten en te korte verblijftijd van het retourwater en het zwevende stof in het depot te voorkomen danwel om een situatie te creëren waarin een de lozing van retourwater met een tijdelijk slechte kwaliteit wordt voorkomen. Dit in korte tijd af te laten retourwater dient dan wel aan de eisen, gesteld in de vergunning, te voldoen.
- het gebruik maken van de aerobe en anaerobe waterschijf in het diepe depot (spronglaag ligt op ± 10 meter diepte) en de anaerobe toplaag van het slib in het depot om nitrificatie en denitrificatie te bewerkstelligen.

Denitrificatie in het depot zou mogelijk zijn doordat er in de onderwaterfase een anaerobe waterlaag in het depot aanwezig is, in de latere perioden kan mogelijk de anaerobe toplaag van het sediment voor denitrificatie zorgen.

Nitrificatie kan gestimuleerd worden door een interne circulatie met beluchting in het depot. Hierbij dient te worden gewaakt voor opwerveling van slib waardoor extra bezinking noodzakelijk zou worden.

3.3. Recirculatie.

Een apart punt vormt het recirculeren van het retourwater voor het verpompen van de baggerspecie. Wanneer zuivering van het retourwater noodzakelijk is, moet een reductie van de debieten worden overwogen. Dit heeft als voordeel dat de zuiveringsinstallaties kleiner kunnen worden uitgelegd en dat de concentraties aan opgeloste verontreinigingen door het recirculeren worden verhoogd. Dit zal het rendement van de zuiveringsinstallatie verhogen. De vrachten aan gebonden verontreinigingen worden door het verlagen van de debieten gereduceerd (zie de voorbeschouwing).

Of echter recirculatie ook een zodanige reductie oplevert dat zuivering ook technisch, maar ook kostentechnisch mogelijk is, is echter mede afhankelijk van de periode in de vulfase. In de eerste 10 jaar van de vulfase wordt het grootste deel van het retourwater bepaald door het verdringingswater in het depot.

Recirculatie maakt dan $\pm 30\%$ (lit.10.) reductie van de waterstroom mogelijk.

Dit betekent echter dat er nog een aanzienlijke stroom retourwater resteert.

Of het echter mogelijk is voor het storten van de specie reeds een grote hoeveelheid water uit het depot te laten hangt mede af van de geohydrologische situatie ter plaatse en de sterkte van het dijklichaam.

In de laatste periode van de vulfase is er geen verdringingswater meer aanwezig.

Dit betekent dat recirculatie mogelijk is ter beperking van de vrachten.

Het retourwater bestaat in deze periode uit consolidatiewater, perswater en het neerslagoverschot. Met recirculatie is in deze periode een reductie van $\pm 65\%$ (Lit.10.) op het debiet te behalen.

De mogelijkheden om retourwater te recirculeren zijn echter voor een deel afhankelijk van de wijze waarop gebaggerd wordt. Wanneer specie m.b.v. een persleiding direct van de baggerlokatie in het depot wordt gespoten, zal het recirculeren van retourwater een kostbare aangelegenheid worden, aangezien er twee persleidingen over een bepaalde afstand dienen te worden aangelegd. Wanneer de specie aangevoerd wordt in beunbakken en m.b.v. een bakkenzuiger in depot gespoten wordt, is recirculatie een reëelere optie.

Dit betekent dat de wijze van aanvoer mede bepalend is voor de mogelijkheden van recirculatie.

De mate van recirculatie is dus afhankelijk van het depotmanagement en de vulstrategie. Het opnemen van een algemene eis in de WVO-vergunning m.b.t. recirculatie van het retourwater in de vulfase lijkt gerechtvaardigd. Vooralsnog zijn er op voorhand geen algemene richtlijnen voor recirculatie aan te geven. Nader onderzoek zal de mogelijkheden voor recirculatie in de vulfase, in relatie met de voornoemde aspecten, duidelijk moeten maken. Dit onderzoek, naar recirculatie, samen met onderzoek naar de beheersmatige aspecten m.b.t. de zuivering van retourwater in het depot en de invloed van de zuivering op de kwaliteit van het retourwater, zal in de vergunning worden voorgeschreven. Over dit onderzoek dient binnen een bepaalde tijdsperiode gerapporteerd te worden, waarna eventuele nadere eisen kunnen worden opgenomen in de vergunning.

4. Zuiveringstechnieken.

4.1. Inleiding.

Zoals reeds in de inleiding is aangegeven zal de zuivering zich mogelijk richten op de verwijdering van zwevende stof en mogelijk stikstofcomponenten. Echter voor een kostenvergelijking is het zinvol ook de andere zuiveringstechnieken in beeld te brengen. Ook zullen bij de zwevend stofverwijdering de kosten voor het aandeel aan zwevend stof gebonden zware metalen en de organische microverontreinigingen worden meegenomen. In het vervolg van hoofdstuk 5 zal worden aangegeven welke technieken reële mogelijkheden bieden voor de behandeling van het retourwater (zie ook lit.2).

4.2. Zwevende-stofverwijdering

Voor de verwijdering van zwevende stof zijn de volgende technieken beschikbaar:

- bezinking;
- zandfiltratie (multimedia- en continu);
- coagulatie/flocculatie;
- microfiltratie;

De diverse aspecten zijn in de onderstaande matrix weergegeven.

Tabel 2: Aspectenmatrix zwevende-stofverwijdering (m³ hebben betrekking op het retourwater)

techniek	kosten (f/m ³)	rendement (%)	eindconc. (mg/l)	prak- tijkerva- ring	bedrijfsze- kerheid
bezinking	0,03	30-90	20-50	++	++
zandfiltratie	0,04-0,14	>95	1	++	+
coagulatie/flocculatie	0,20-0,43	90-98	1	+	0
microfiltratie	0,25-0,55	>99	<0,1	0	0

+ = gunstig, 0 = matig, - ongunstig

Bezinking is alleen in de fase met hoge zwevende-stofgehalten relevant (in de bovenwater-fase). Bezinking is gezien de eindconcentraties ook geschikt als eerste stap in een zuiveringsketen. Er dient namelijk voor de meeste nageschakelde technieken een redelijke zwevend stofverwijdering plaats te vinden.

Zandfiltratie is ten opzichte van coagulatie/flocculatie goedkoper, produceert minder rest-stoffen en heeft een lager chemicaliënverbruik.

Coagulatie/flocculatie valt door de hogere kosten maar ook het lage milieurendement (veel gebruik van chemicaliën) voor het zuiveren van retourwater af.

Microfiltratie is een dure techniek in vergelijking met zandfiltratie maar geeft zeer goede verwijderingsrendementen, echter de verwijderingsrendementen lijken in relatie met mogelijke eisen aan het retourwater zeer vergaand. Bij een kostenbeschouwing (zie ook hfdst. 5) lijkt deze techniek voor het zuiveren van retourwater minder haalbaar.

Door het voorkomen van algengroei in het depot lijkt de bedrijfszekerheid i.v.m. het dichtslaan van het membraan een punt van discussie.

Bij alle zuiveringstechnieken zal er van worden uitgegaan dat het verwijderde slib teruggestort wordt in het depot. M.b.t. het verwijderen van zwevende stof uit het depot dienen een aantal kanttekeningen te worden geplaatst. Het is nog niet geheel duidelijk in hoeverre het te verwijderen zwevende stof goede bezinkeigenschappen heeft; dit is mede afhankelijk van de samenstelling van het slib. Dit kan betekenen dat toevoeging van flocculanten noodzakelijk wordt. Verder bestaat de mogelijkheid van algenbloei in het depot (er is voldoende N en P aanwezig). Dit kan problemen opleveren wanneer gebruik gemaakt wordt van filtratietechnieken en niet-dynamische zandfilters.

Ervaring in de Slufter en de Papegaaiebek leert dat in de zomerperioden bij weinig of geen aanvoer van slib, en dus geen lozing van retourwater, in het bezinkbassin algenbloei kan optreden. Bij voldoende doorstroming in het bassin treedt dit probleem niet op.

Het lijkt er dus op dat er voorlopig geen aandacht aan dit probleem besteed hoeft te worden.

4.3. Verwijdering van stikstof

Bij de verwijdering van stikstof moet onderscheid worden gemaakt tussen ammonium-verwijdering en nitraatverwijdering.

Voor ammoniumverwijdering zijn de volgende technieken relevant:

- aerobe slib-op-dragersystemen (biorotor);
- ozon/katalysator;

De verwijdering van nitraat kan met de volgende technieken worden bereikt:

- actief-slibstelsysteem;
- fluid/vastbed;
- zwavel-kalksteenproces
- hyperfiltratie.

De diverse aspecten zijn in tabel 3 weergegeven.

Tabel 3: Aspectenmatrix stikstofverwijdering.

techniek	kosten (f/m ³)	rendement (%)	eindconcentratie (mg N/L)		prak- tijkerva- ring	bedrijfs- zekerheid
			NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻		
biorotor	0,07-0,21	99	<2		++	++
ozon/katalysator	0,70-1,70	>99	<1		+	+
hyperfiltratie	5,90-11,80	99		<1	0	0
fluid-gepaktbed	0,20-1,10	>90		2	+	0
zwavel-kalksteen	0,15-0,25	70-90		2	-	?
actief-slibstelsysteem	0,18-0,46	>90		2	++	++

+ = gunstig, 0 = matig, - = ongunstig, ? = onbekend.

Bij goede werking is het rendementsverschil tussen de biorotor en de ozon/katalysator techniek klein. Dit betekent gezien de kostenaspecten dat de ozon/katalysator voor het zuiveren van het retourwater afvallen. Wanneer door omstandigheden de biorotor niet ingezet kan worden en stikstofomzetting noodzakelijk is, kan de ozon/katalysator mogelijk nog ingezet worden.

Voor nitraatverwijdering zouden het actief-slibstelsysteem en fluid- of vastbedsystemen in aanmerking kunnen komen. Gezien de kosten en het toevoegen van een externe koolstofbron wordt in eerste instantie in situ reiniging in depot van stikstof voorzien.

Hyperfiltratie is gezien de kosten een niet reële optie. Het zwavel-kalksteenproces is aantrekkelijk, maar met dit proces is nog weinig praktijkervaring opgedaan. Gezien de aspecten bedrijfszekerheid en praktijkervaring en gezien een aantal randvoorwaarden (zie lit.2.) lijkt deze techniek minder kans te maken.

Met betrekking tot de biologische systemen dient te worden opgemerkt dat het rendement nadelig beïnvloed wordt door factoren als lage temperatuur (lager dan 3-5 °C), hoge fluctuerende zoutgehalten en de aanwezigheid van toxische stoffen. Wanneer de randvoorwaarden van de systemen worden overschreden loopt het rendement sterk terug.

De temperatuur van het retourwater is deels te beïnvloeden door de lagen water in het depot met de hoogste temperatuur te gebruiken voor de zuivering, bijv. in de zomerperiode de bovenste laag van het depotwater. In de winterperiode kunnen diepere waterlagen die een relatief constante temperatuur hebben door de zuiveringsinstallatie geleid worden. Verder bestaat de mogelijkheid de zuiveringsinstallatie te huisvesten in een geïsoleerde loods, waarbij temperatuurinvloeden worden buitengesloten.

Er dient echter wel rekening gehouden te worden met een lager zuiveringsrendement van de biologische systemen in de winterperiode. Dit zal betekenen dat in de winterperiode een hogere concentratie stikstofverbindingen in het te lozen retourwater aanwezig kan zijn.

M.b.t. de zoutgehalten wordt opgemerkt dat niet de zoutgehalten de beperkende factor zijn maar wel de fluctuaties in zoutgehalte. Biologische systemen kunnen functioneren bij concentraties van 2-4 % NaCl.

Echter wanneer er grotere fluctuaties in het zoutgehalte optreden dan ± 0.5 g/l/dag, zal het zuiveringsrendement zeer snel teruglopen.

Biologische systemen hebben, afhankelijk van een aantal randvoorwaarden 2 dagen tot 2 weken nodig om zich aan te passen aan hoge zoutgehalten.

Ondanks het voorgaande lijken de biorotor en de denitrificerende biologische systemen de beste optie voor het verwijderen van stikstof uit het retourwater. Een bijkomend voordeel van biologische zuiveringsprocessen is dat er P-verwijdering optreedt door slibgroei.

Verder treedt door slibgroei additionele verwijdering van opgeloste verontreinigingen op.

4.4. Verwijdering van organische microverontreinigingen

De verwijdering van aan zwevende stof gebonden microverontreinigingen is afhankelijk van de verwijdering van zwevende stof. Ten aanzien van de opgeloste organische microverontreinigingen komen alleen de PAK's voor verwijdering in aanmerking.

De andere opgeloste organische microverontreinigingen (PCB's en dichloorbenzeen) zijn in zodanig lage concentraties aanwezig dat voor deze stoffen aparte zuivering niet noodzakelijk is. Echter bij het installeren van technieken voor het verwijderen van opgeloste PAK's zullen de andere opgeloste organische microverontreinigingen mede verwijderd worden.

De opgeloste PAK's kunnen met de volgende technieken worden verwijderd:

- biorotor;
- actief-kooladsorptie;
- nanofiltratie en hyperfiltratie;
- ozon/katalysator techniek.

De verschillende aspecten zijn in de onderstaande matrix opgenomen:

Tabel 5: Aspectenmatrix verwijdering opgeloste organische microverontreinigingen.

techniek	kosten (f/m ³)	rendement (%)	eindconc. (mg/l)	praktijker- vering	bedrijfsze- kerheid
biorotor	0,07-0,21	>90	n.d.	+	+
actief-kool adsorptie	0,16-0,35	>99	n.d.	+	+
nano-hyperfiltratie	4,20-11,80	>90	n.d.	0	0
ozon/katalysator	0,70-1,70	>90	n.d.	0	0

n.d. = niet te detecteren, + = gunstig, 0 = matig, - = ongunstig.

Ten aanzien van opgeloste PAK's, PCB's en 1,2, DCB heeft de biorotor een redelijk rendement. Nadeel van deze techniek is het lagere rendement bij lage temperaturen van het retourwater. Met actief-kooladsorptie kunnen zeer lage restconcentraties worden bereikt, mits er voor een lage beladingsgraad wordt gekozen.

Dit kan betekenen dat de kosten voor actief-koolfiltratie hoger worden, dan is aangegeven, als gevolg van een hoger actief-koolverbruik. Met de ozon/katalysatortechniek kunnen ook de kleinste restconcentraties verwijderd worden; de werking is minder afhankelijk van de temperatuur. Hiermee kunnen echter hoge kosten gemoeid zijn, die op basis van de beschikbare gegevens moeilijk zijn in te schatten.

Nano- en hyperfiltratie komen gezien de zeer hoge kosten niet in aanmerking.

De biorotor die mogelijk reeds voor stikstofverwijdering wordt ingezet, zal tegen dezelfde kosten de opgeloste PAK's verwijderen. Inzet van de andere technieken lijkt ook vanwege de kostenaspecten en onzekerheden in de verwijderingsrendementen niet zinvol.

4.5. Verwijdering van zware metalen

Voor de verwijdering van de zware metalen is ook een vergaande zwevende stofverwijdering een vereiste. Precipitatie met TMT of carbamaatverbindingen voor het verwijderen van de opgeloste zware metalen is vanuit milieu-oogpunt niet wenselijk.

Voor verwijdering van opgeloste zware metalen uit het retourwater zou nano-of hyperfiltratie in aanmerking komen. Aan de toepassing van nano- of hyperfiltratie zijn echter zeer hoge kosten verbonden, terwijl de verwijderde vracht aan zware metalen slechts gering is. Inzet van hyper-en nanofiltratie lijkt dan ook niet zinvol.

Uit praktijkonderzoek moet blijken in hoeverre de toepassing van zuiveringstechnieken die niet primair gericht zijn op verwijdering van opgeloste zware metalen (zandfiltratie, biologische zuiveringssystemen) kunnen leiden tot eindconcentraties die vanuit waterkwaliteitsoverwegingen acceptabel zijn.

4.6. Aspecten bij de keuze van combinatie van technieken

Bij de hierboven gemaakte vergelijking van technieken werd voornamelijk ingegaan op de enkelvoudige technieken. In de praktijk zal echter sprake zijn van een combinatie van technieken, afhankelijk van de influentsamenstelling en de effluenteisen.

Met de meeste enkelvoudige zuiveringstechnieken worden meerdere soorten verontreinigingen uit het retourwater verwijderd. Bij de keuze van een (combinatie van) zuiveringstechniek(en) is het van belang de rendementen voor alle te verwijderen stoffen te beschouwen.

Een aantal voorbeelden: Vergaande zwevende stofverwijdering (zandfiltratie) leidt tevens tot verwijdering van gebonden zware metalen, PAK's en PCB's. Voor de verwijdering van ammonium- en nitraat is zwevende stofverwijdering echter niet geschikt. Hiervoor zijn aanvullende technieken noodzakelijk.

Met aerobe slib-op-dragersystemen (biorotor) wordt naast ammoniumomzetting verwijdering van organische microverontreinigingen (PAK's en PCB's) bereikt. Biologische zuiveringstechnieken (actief-slibstelsel, fluïdbed) zijn in staat om naast organische microverontreinigingen ook stikstofverbindingen te verwijderen.

Naast de rendementen van de verschillende technieken is de keuze afhankelijk van de randvoorwaarden van de toe te passen techniek.

Samenvattend: na een eerste inventarisatie lijken bezinking en zandfiltratie voor de zwevende stofverwijdering en biorotor voor stikstofomzetting mogelijkheden te bieden voor de zuivering van retourwater. Voor het verwijderen van nitraat wordt in eerste instantie in situ reiniging in depot voorzien. Vooralsnog wordt, vanwege technische aspecten, afgezien van additionele zuivering van nitraat.

5. kosten van zuiveringstechnieken.

De verschillende kosten van zuiveringstechnieken per component zijn in de hiernavolgende tabellen vermeld. Naast de prijs per m³, zijn de kosten per kg verwijderde stof opgenomen.

De kostenuitwerking is gebaseerd op de gegevens uit lit 1. en 2. en bijlage 3.

Voor kleinere installaties zijn de kosten per m³ te zuiveren retourwater in zijn algemeenheid hoger dan bij grotere installaties. Bij de berekening heeft de afschrijvingstermijn een grote invloed op de kosten van de techniek.

Voor alle tabellen geldt dat alle kostendragers zijn meegenomen. Echter vanwege de locatiespecifieke omstandigheden zijn posten in de investeringskosten: grond, gebouwen en aan- en afvoervoorzieningen en de post personeelskosten in de jaarlijkse kosten, buiten beschouwing gelaten. Dit kan afhankelijk van de techniek en locatiespecifieke eisen een verdubbeling danwel verdrievoudiging van de kosten opleveren.

Wanneer zwevende stofverwijdering voor zware metalen danwel PAK's of PCB's zou worden ingezet zijn de kosten van een heel andere orde. (het gaat in dit geval alleen om de aan zwevende stof gebonden verontreinigingen, zoals in de voorbeschouwing beschreven is).

Voor zwevende stof, stikstofcomponenten en opgeloste organische microverontreinigingen zijn de kosten in de tabellen weergegeven. Voor een inschatting van de kosten voor de andere verontreinigingen wordt verwezen naar bijlage 3.

De opzet van bijlage 3 is hier naar aanleiding van een voorbeeld m.b.t de zware metalen weergegeven.

Berekening kosten post zware metalen bij zwevende stofverwijdering:

In de bovenwaterfase bij een zwevende stofgehalte 200 mg/l is er 12 µg/l opgelost en 252 µg/l gebonden metaal aanwezig. Totaal levert dit 264 µg/l metaal op.

Bij een reductie tot 50 mg zwevende stof/l m.b.v. een bezinkbassin gaat de hoeveelheid gebonden metaal naar 60 µg/l, de hoeveelheid opgelost metaal blijft gelijk. Dit resulteert in een totaal gehalte van 72 µg/l metaal.

Bij een uitgangssituatie van een lozing van ± 100 kg/jaar metaal in de bovenwaterfase zou zwevende stofverwijdering een reductie tot 27 kg metaal/jaar ($72/264 * 100$ kg) bewerkstelligen. Kosten voor bezinking op zware metalen in de bovenwaterfase levert in deze situatie een kostenpost op van fl. 160 tot 500,- per kg metaal.

Bij een zandfiltratie in de bovenwaterfase wordt het zwevend stof teruggebracht van 200 tot 1 mg/l. Dit betekent: van 252 µg/l naar ± 2 µg/l gebonden zwaar metaal.

In totaal rest een lozing van 14 µg/l metaal. Dit betekent op jaarbasis in de bovenwaterfase een reductie van 100 kg naar 5 kg. De kosten voor zandfiltratie liggen in dit geval tussen de fl. 700 en 1400,- per kg metaal.

Aangezien bezinking en zandfiltratie de goedkoopste technieken zijn voor het verwijderen van zware metalen en organische microverontreinigingen zullen de andere technieken vergelijkbare danwel hogere kosten per kg verontreiniging met zich meebrengen.

Uit tabel 6. blijkt dat coagulatie/flocculatie en microfiltratie zeer dure technieken zijn, zoals ook reeds is geconcludeerd in hoofdstuk 4. Zoals ook reeds in het rekenvoorbeeld is aangegeven is het gebruik van deze technieken voor zware metalen of omvrij verwijdering nog extremer in prijs (zie bijlage 3). De kosten lopen dan snel op van fl. 1300 tot 43.000,- voor de zware metalen en van fl. 62.000,- tot 61 miljoen per kg teruggehouden organische microverontreiniging.

Inzet van deze technieken lijkt dan ook weinig realistisch voor de zuivering van het retourwater.

Tabel 6. zwevende stofverwijdering:

Techniek	kosten fl/m ³ retourwater			kosten fl/kg zwevende stof		
fase	onderwater-fase	tussenfase	bovenwater-fase	onderwater-fase	tussenfase	bovenwater-fase
bezinking			0.03			0.16-0.5
zandfiltratie	0.04-0.12	0.03-0.12	0.12-0.14	4-12	0.6-2.5	0.6-0.7
coagulatie-/flocculatie	0.27-0.41	0.37-0.56	0.71-1.25	27.6-45.6	7.6-12.4	3.6-6.9
microfiltratie	0.25-0.55	0.25-0.5	0.25-0.5	25.3-57.9	5.1-10.5	1.3-2.6

Tabel 7. Stikstofverwijdering

In de tabel 7. worden technieken die nitrificeren en denitrificeren naast elkaar genoemd. Dit betekent dat de kosten voor stikstofomzetting zijn aangegeven.

Techniek	kosten fl/m ³ retourwater			kosten fl/kg verwijderd N.		
fase	1	2	3	1	2	3
biorotor (n)	0.07	0.12	0.21	3.2-3.5	1.8-2.1	1.1-1.2
ozon/kat. (n)	0.7	0.95	1.7	32.1-35.4	14.8-16.2	8.6-9.4
hyperfiltratie (n,dn)	5.9-11.8	5.6-10.6	6.8-10	298-1072	95.7-326	37.8-100
fluid-gepaktbed (dn)	0.27	0.73-1.1	0.52-0.71	9.1-13.6	11.2-18.8	2.6-3.9
zwavel-kalksteen (dn)	0.15	0.2	0.25	6.8-7.6	3.1-3.4	1.3-1.4
actief-slibstelsysteem (dn)	0.18	0.32	0.46	8.2-9.1	4.9-5.5	2.3-2.6

n = nitrificatie, dn = denitrificatie, 1 = onderwaterfase, 2 = tussenfase, 3 = bovenwaterfase

Ter vergelijking: voor de huidige verwijdering van stikstof op een RWZI wordt thans een bedrag van ± fl. 0.70 per kg verwijderd stikstof gerekend.

Voor verdergaande stikstofverwijdering, die in 1995 dient te worden gehaald, op de communale zuiveringsinrichtingen (10-15 mg totaal N/l) zijn de kosten, voor laagbelaste installaties die reeds aan de eisen voldoen, nihil. Echter voor hoogbelaste systemen kunnen de kosten oplopen tot fl. 9.50 per kg verwijderd stikstof. Echter nieuw te bouwen installaties kunnen tegen hogere kosten oplopen, aangezien de fl. 9.50 per kg verwijderde stikstof gezien moet worden als een extra investering op de reeds gedane investering voor de installatie.

Uit tabel 7 blijkt, zoals reeds is aangegeven in hoofdstuk 4, dat de biorotor de meest reële optie voor zuivering is. Het zwavel-kalksteen procedé valt af op de reeds in hoofdstuk 4 aangegeven criteria.

Voor de zuivering van het retourwater zal gekozen worden voor het omzetten van het ammonium in nitraat. Deels vanwege de zuurstofvraag van het ammonium anderzijds vanwege de toxische effecten van ammonium en ammoniak. Voor de nitraatverwijdering lijkt het zelfreinigende vermogen van het depot mogelijkheden te bieden. Additionele zuivering lijkt mede door de kosten en het toevoegen van een externe C-bron voor het verwijderen van het nitraat, een minder reële optie.

Tabel 8. Verwijdering van opgeloste organische microverontreinigingen.

Techniek	kosten fl/m ³ retourwater			kosten fl/kg opgelost omive.		
jaar	1	2	3	1	2	3
biorotor	0.07	0.12	0.21	80.000	120.000	1200
actief-kool- edsorptie	0.16	0.35	0.35	0.25 -1.7 milj	0.5-3 milj	2500-17500
nano-hyper- filtratie	4.45-11.8	4.55-10.6	4.2-10	9-16 milj.	7-141 milj	50.000-170.000
ozon/kataly- sator	0.7	0.95	1.7	800.000	900.000	9000

1 = onderwaterfase, 2 = tussenfase, 3 = bovenwaterfase.

De technieken in tabel 8. zouden eventueel worden ingezet voor het restant opgeloste PAK's die nog in het retourwater aanwezig zijn. Door de hoge DOC-gehalten (zie voorbeschouwing) bestaat ± de helft van de vracht uit opgeloste PAK- verbindingen. Zoals reeds is opgemerkt zijn de biologische zuiveringssystemen in staat om opgeloste microverontreinigingen af te breken danwel in te vangen in de slibvlok. Dit betekent dat voor het verwijderen van opgeloste microverontreinigingen een techniek die mogelijk al gebruikt gaat worden, nml. de biorotor zonder extra investering gebruikt kan worden voor het verwijderen van de microverontreinigingen.

Echter het rendement waarmee deze verontreinigingen worden verwijderd zal m.b.v. praktijkonderzoek moeten worden onderzocht.

5.1. Uitwerking zuiveringstechnieken, eisen en kosten.

Uitwerking zuivering.

Zoals reeds is opgemerkt in de vorige hoofdstukken zal additionele zuivering eerst zinvol zijn als de lozingseisen worden overschreden. Dit betekent dat additionele zuivering waarschijnlijk eerst in de laatste perioden van de vulfase en de consolidatiefase zinvol zal zijn.

Deze aanpak zal gelden voor de thans te bouwen depots (Ketelmeer en Hollandsch Diep). Voor de bestaande Averijhaven ligt de situatie iets anders.

Het depot is door voorgaande stortingen reeds zodanig gevuld dat de bovenwaterfase bereikt is. Bij de uitwerking van de eisen voor dit depot (zie bijlagen) wordt hier verder op ingegaan.

De zuivering van het retourwater dient zich, zoals reeds is opgemerkt, te richten op de verwijdering van zwevende stof en stikstofverbindingen. De meest verontreinigingen zijn gebonden aan het zwevende stof en van de opgeloste verontreinigingen zijn de stikstofverbindingen in zodanige concentraties aanwezig dat additionele zuivering rendabel is en tegen redelijke kosten kan worden uitgevoerd. De andere opgeloste verontreinigingen zijn in zodanige concentraties aanwezig dat de verontreinigingen niet of alleen tegen zeer hoge kosten te verwijderen zijn.

Het plaatsen van additionele zuiveringsapparatuur lijkt verder alleen zinvol in de laatste periode van de vulfase en de consolidatiefase, mits recirculatie en zelfreiniging van het water op het depot niet reeds het gewenste effect heeft.

Deze zuivering kan dan bestaan uit een zwevende stofverwijdering in de vorm van bezinking, een stikstofomzetting in de vorm van een nitrificatiestap met eventueel denitrificatie in het depot en een polishing stap in de vorm van een zandfilter.

Het recirculeren van retourwater en het zuiveren van het water in depot is in de beginperiode, ter beperking van de concentraties ammonium en nitraat en vrachten zwevende stof wel mogelijk.

Er dient echter wel onderzoek plaats te vinden naar de mogelijkheden, rendementen en kosten van deze vorm van zuiveren.

Het is daarom zinvol in de vergunning voor het lozen van het retourwater, voorschriften op te nemen voor nader onderzoek. Verder dienen de mogelijkheden van interne recirculatie van retourwater, vanwege de optimalisatie van de zelfreiniging, in dit onderzoek te worden meegenomen.

Eisen aan het retourwater.

Thans worden, in de onderwaterfase, aan het retourwater uit grootschalige baggerspeciedepots, afhankelijk van de verontreinigingsgraad van de geborgen baggerspecie, eisen gesteld van 200 mg/l (Slufter, klasse 2/3) en 50 mg/l (Papegaaiebek, klasse 4 en WCA) aan het zwevende stof.

De te realiseren depots zijn voor de berging van saneringsspecie (Klasse 3/4 en WCA-specie).

Het ligt in de lijn om voor de onderwaterfase van de te bouwen depots en vergelijkbare eis aan het zwevende stof te stellen. Een eis van 50 mg zwevende stof/l is haalbaar. Om de mogelijkheden tot verdere reductie tot 20 mg zwevende stof/l te onderzoeken wordt aanbevolen een onderzoeksverplichting op te nemen in de vergunning.

Deze onderzoeksverplichting zal ook moeten gelden voor het toepassen van recirculatie voor de reductie van de vrachten in de totale vulfase. Dit onderzoek naar de reductie van zwevende stof is mede ingegeven door het feit dat de water- en waterbodembodemkwaliteit in de toekomst zal verbeteren.

Voor stikstof zijn er thans geen eisen gesteld aan de lozingen vanuit de grootschalige depots.

Het retourwater bevat zowel ammonium als nitraat. Voor een volledige stikstofverwijdering zou nitrificatie en denitrificatie noodzakelijk zijn. Voor denitrificatie van het retourwater dient een koolstofbron (methanol, afvalwater uit levensmiddelenindustrie) toegevoegd te worden. Het lijkt echter ook mogelijk denitrificatie in het depot te laten plaatsvinden. Dan zou alleen verwijdering van de hoge gehalten ammonium in een nitrificatiestap plaats moeten vinden. De biorotor kan hiervoor gebruikt worden.

Het verdient aanbeveling om in de vergunning een onderzoeksverplichting op te nemen waarbij een jaargemiddeld gehalte van 15 mg ammonium-N/l als streven wordt opgenomen.

Voor onderzoek naar de rendementen van denitrificatie in het depot, zal mogelijk in het kader van de vergunningverlening een onderzoeksverplichting kunnen worden voorgeschreven.

Het verlagen van het gehalte ammonium tot 15 mg ammonium/l lijkt haalbaar.

Het is mogelijk dat in winterperioden het rendement van de nitrificatie daalt, daarom dient het voorstel van 15 mg ammonium- N/l gezien te worden als een jaargemiddelde. Alleen in zeer strenge winters zullen er problemen ontstaan, in dit geval zal dit gehalte niet gehaald worden.

Het rendement van denitrificatie in het depot is niet te voorspellen daarom zal er nader onderzoek in samenhang met recirculatie moeten plaatsvinden naar het rendement van deze vorm van stikstofverwijdering. Dit onderzoek zal ook onder de onderzoeksverplichting vallen die mogelijk in de vergunning geëist zal worden.

Kosten.

De kosten voor zuivering in depot zijn thans moeilijk in te schatten, aangezien deze afhangen van het onderzoek wat in het kader van de vergunningverlening dient te worden opgestart.

De kosten zijn mede afhankelijk in hoeverre ook recirculatie kan worden toegepast en de concentraties verontreinigingen in het retourwater zodanig hoog zijn dat additionele zuivering mogelijk wordt.

Voor de in de laatste periode van de vulfase en de consolidatiefase te plaatsen zuiveringsinrichting zijn wel kosten aan te geven.

De installatie die in de laatste periode van de vulfase noodzakelijk is, bestaat uit een bezinking, biorotor en een zandfilter.

Met deze installatie zijn concentraties in het effluent te bereiken van ± 1 mg zwevende stof/l en ± 15 mg ammonium N/l. Het denitrificerend actief slib systeem is niet voorzien in de zuiveringsstraat, echter bij het onvoldoende verwijderen van nitraat in het depot zou het in de zuiveringsstraat kunnen worden ingezet. De kosten van het denitrificerend actief slib systeem zullen apart vermeld worden.

De investeringskosten in de bovenwater- en consolidatiefase zijn geraamd op ± 0.75 miljoen gulden en de jaarlijkse kosten komen uit op $\pm$ fl. 135.000,-. Verwacht wordt dat de installatie voor ± 40 jaar zal worden gebouwd. De totale kosten over deze periode bedragen 6 miljoen gulden. De zuiveringskosten komen dan uit op $\pm$ fl. 0,35 per m³ retourwater. Het denitrificerend actief slib systeem in deze fase heeft een investering van 2.7 miljoen gulden en een jaarlijkse kostenpost van fl. 168.000,-. Dit betekent over 40 jaar 9,4 miljoen gulden. Hier zijn geen gebouwen, grondkosten, aan- en afvoervoorzieningen en personeelskosten bij inbegrepen. Dit kan betekenen dat de installatie afhankelijk van de lokale omstandigheden een factor 2 tot 3 duurder kan uitvallen. Nader lokatie onderzoek en pilotplant-zuivering zal dit moeten uitwijzen.

5.2. Kostenaspecten mogelijke zuivering voor de eerste perioden in de vulfase.

Om een kostenvergelijking te kunnen maken tussen investeringen in de laatste fase en de eerste twee perioden van de vulfase is een mogelijke combinatie van zuiveringstechnieken in de onderwater-en tussenfase doorgerekend. In de onderwaterfase en tussenfase wordt, evenals in de bovenwaterfase, uitgegaan van een zuiveringsstraat die zwevende stof en ammonium verwijdt.

Deze zuiveringsstraat bestaat uit: biorotor en zandfilter. In de onderwater-en tussenfase is bezinking niet noodzakelijk i.v.m. lage zwevend stofgehalten.

Zoals reeds is vermeld is het denitrificerend actief slib systeem niet voorzien in de zuiveringsstraat, echter bij het onvoldoende verwijderen van nitraat uit het retourwater kan het in de zuiveringsstraat worden ingezet. De kosten van het denitrificerend actief slib systeem zullen apart vermeld worden.

De biorotor kost aan investering 1.35 miljoen gulden, met jaarlijkse kosten van fl.255.000,- komen de totale kosten over 8.5 jaar op een post van 3.5 miljoen gulden.

De grootte van het zandfilter is afhankelijk van het debiet. De installatie wordt in de onderwaterfase uitgevoerd in 8 units: investeringskosten 2 miljoen gulden. In de tussenfase, wanneer de debieten zijn afgenomen zijn 5 units voldoende, dit betekent dat van de investering van 2 miljoen gulden, 0.75 miljoen na 6 jaar wordt afgeschreven.

De jaarlijkse kosten variëren van fl. 449.000,- voor de onderwaterfase tot fl. 265.000,- voor de tussenfase. Totaal dient voor 8.5 jaar 5.4 miljoen gulden te worden gereserveerd.

Het denitrificerend actief slib systeem kan moeilijker in units worden uitgevoerd.

De investeringskosten zijn éénmalig en wel 2.7 miljoen gulden. De jaarlijkse kosten zijn gemiddeld fl. 675.000,-. Dit betekent dat over 8.5 jaar, 8.5 miljoen gulden moet worden gereserveerd.

Totaal zal de investering voor een zuiveringsstraat voor de onderwater- en tussenfase ± 9 miljoen dienen te bedragen over 8.5 jaar, wanneer eveneens denitrificatie wordt uitgevoerd zullen de kosten op ± 17 miljoen gulden uitkomen. Hier zijn geen gebouwen, grondkosten en aan- en afvoervoorzieningen en personeelskosten bij inbegrepen.

5.3. Restlozing na voorgestelde zuivering.

Bij de hiervoor voorgestelde eisen en zuivering is de over de verschillende perioden de volgende restlozing te verwachten.

Tabel 9. Vrachten aan restlozing bij voorgestelde eisen.

50 mg SS/l (in de onderwater- en tussenfase bij gebruik van het depot als bezinkbassin) en 1 mg SS/l (in de bovenwater- en consolidatiefase. Er is een maximale zuivering m.b.v. het zandfilter verondersteld, in de praktijk zal dit niet altijd gehaald worden. Voorgesteld wordt daarom om in de vergunning 20 mg SS/l op te nemen) en 15 mg ammonium-N/l (tussen haken staan de vrachten per jaar aangegeven)

periode (jaar)	debiet m ³ /d	tot. debiet m ³ ·10 ⁶	vracht N ton	vracht S.S. ton	zware metalen kg	PAK's kg	PCB's kg
onderwaterfase (6)	10.000	21.9(3.7)	480 (80)	219 (36.5)	520 (87)	20.2 (3.4)	1.5 (0.25)
tussenfase (2.5)	6000	3.3 (1.3)	210 (84)	165 (66)	750 (300)	3.3 (1.3)	0.3 (0.12)
bovenwaterfase (4.5)	1000	1.6 (0.35)	160 (35.6)	0.8 (0.2)	22.4 (5)	1.3 (0.3)	0.1 (0.02)
totaal vulfase (13)		26.8 (2.1)	850 (65.4)	285 (22)	844 (65)	24.6 (1.9)	1.9 (0.14)
Consolidatie- fase (± 70)	1000	16.6 (0.24)	1660 (23.7)	17 (0.24)	233 (3.4)	13 (0.2)	1.2 (.01)
Consolidatie- fase (120)	400	16.5 (0.10)	1073 (8.25)	16.6 (0.14)	49 (0.4)	18 (.14)	1.32 (.01)

Uit tabel 9. blijkt in vergelijking met tabel 2. dat de stikstofbelasting van het oppervlakte-water niet is afgenomen.

De oorzaak hiervan is dat de denitrificatie in het depot niet is meegenomen vanwege de onbekende zuiveringsrendementen, dit betekent weliswaar dat ammonium is omgezet in nitraat maar er geen stikstof is verdwenen.

5.4. Relatie kosten retourwaterzuivering en in situ hoeveelheden baggerspecie.

Om een inzicht te krijgen in de kosten per gestorte m³ baggerspecie is bepaald hoeveel retourwater ontstaat per in situ m³ baggerspecie. Hierbij is de totale hoeveelheid in situ baggerspecie vergeleken met de hoeveelheid retourwater. De hoeveelheid retourwater heeft betrekking op de vul-(13 jaar) en consolidatiefase (187 jaar). Uit de berekening volgt dat, zonder hergebruik van retourwater, per in situ m³ baggerspecie 1.4 m³ retourwater ontstaat.

6. Niet omdijkte depots

Naast de omdijkte depots zijn er ook andere andere depotvormen voor het bergen van baggerspecie mogelijk. Eén van deze vormen is het putdepot.

Een aantal essentiële verschillen zijn aan te wijzen tussen een putdepot en een eilanddepot:

- Tijdens het vullen van het depot kunnen verontreinigingen zich verspreiden richting het oppervlaktewater,
- het retourwater is niet op te vangen en te zuiveren.

Zoals reeds in voorgaande hoofdstukken is aangegeven zijn de verontreinigingen vnl. gebonden aan het zwevende stof. Dit betekent dat wanneer een onderwaterdepot gebruikt wordt voor het bergen van baggerspecie het essentieel is om de vertroebeling en mors van specie en hiermee oppervlaktewaterverontreiniging te voorkomen.

Dit betekent tevens dat er meer aandacht, dan bij omdijkte depots, besteed dient te worden aan acceptatiecriteria voor de baggerspecie, de wijze van overslag, storten en vullen van specie in het depot, de maximale vuldiepte, invloed van wind en scheepvaart en de wijze van afdekking van de put.

6.1. Acceptatiecriteria t.a.v. de te storten baggerspecie. (zie ook bijlage 8)

In niet omdijkte depots zullen, omdat het uitgeperste sedimentatie- en consolidatiewater niet opgevangen kan worden, eisen gesteld worden aan de baggerspecie die in deze depots zal worden opgeslagen. Alleen specie die een zo hoog mogelijke dichtheid heeft en een kwaliteit lager dan de acceptatiecriteria heeft, mag worden geborgen. De criteria kunnen gebaseerd zijn op de kwaliteit van het uitgeperste poriewater.

Deze mag een vooraf vastgestelde kwaliteit (b.v. de grenswaarde uit de ENW) hebben. Deze poriewaterkwaliteit kan theoretisch omgerekend worden naar een baggerspeciekwaliteit. Theoretisch is het dan echter mogelijk dat baggerspecie die de Besluit Aanwijzing Gevaarlijke Afvalstoffen (BAGA, de "vroegere" WCA) -grens overschrijdt, geborgen mag worden.

Verder zullen stoffen die een zeer hoge K_{ow} waarde (dus lage poriewaterconcentraties) hebben, aanleiding geven tot zeer hoge acceptatiegrenzen.

Doordat er ook verspreiding van zwevende stof door de stortactiviteiten kan plaatsvinden lijkt een inperking van de acceptatiecriteria noodzakelijk.

Naast acceptatiecriteria op basis van uitgetreden poriewater kunnen er, mede doordat er ook verspreiding van zwevende stof door de stortactiviteiten kan plaatsvinden, absolute grenzen in de vergunning opgenomen worden. Voorgesteld wordt om geen zwaarder verontreinigde specie dan de interventiewaarde uit de ENW (Evaluatie Nota Water) in open depots te bergen. Dit betekent dan eveneens dat een overschrijding van het BAGA niet is toegestaan. Per geval kan echter, na melding, een ontheffing worden gegeven, indien aan zeer specifieke stortcriteria en bergingscondities wordt voldaan.

Dit kan bijvoorbeeld betekenen dat specie alleen met stortkoker (en mogelijk diffusor voor specie met lage dichtheid) gestort mag worden en direct (na een eerste consolidatie) afgedekt dient te worden.

Het lijkt verder zinvol baggerspecie, danwel grond, te weigeren wanneer deze stoffen bevat die bij het storten in het depot direct vrijkomen. Gedacht kan worden aan BTEX, lichte oliesoorten etc.

Verder dienen oprijvende stoffen uit de baggerspecie zich niet te kunnen verspreiden en dienen het watersysteem verwijderd te worden.

6.2. Overslag, storten en vulstrategie.

De wijze waarop een putdepot gevuld wordt, is mede afhankelijk van de wijze waarop de verontreinigde specie gebaggerd zal worden. De volgende methoden van baggeren, transport en vullen van depot kunnen relevant zijn:

- het baggerwerk wordt gedaan m.b.v. een (milieu)zuiger waarna de specie via een persleiding naar het depot wordt geperst. Bij persafstanden groter dan 2 á 3 kilometer zijn boosters (tussenstations) noodzakelijk. Nadeel hierbij is dat extra water toegevoegd dient te worden om de specie goed pompbaar te houden. Het uiteinde van de persleiding kan dan aangesloten worden op een diffusor (persdruk wordt verlaagd waardoor de specie langzaam uitstroomt over de bodem. (zie fig. 3).
- Het baggeren geschiedt door hopperzuigers. Bij het vullen van de beun van de hopper is het overboord zetten van het arme mengsel (AMOB) niet toegestaan. Bij het baggeren van zwaar vervuild materiaal zullen geen onderlossende hoppers gebruikt kunnen worden.
De hoppers varen met de verontreinigde specie boven de put en klappen de specie in de put (zie fig. 4). Een andere mogelijkheid is dat de hoppers de specie via hun zuigbuis in de put storten. Verder kan boven de put een stortponton met diffusor worden gelegd waar de hopper op aansluit. De specie wordt vervolgens via valpijp en de diffusor in de put gebracht.
- Het baggeren geschiedt m.b.v. mechanische of hydraulische knijpers. De specie wordt vervolgens in elevatorbakken geknepen. Bij het overslaan van de specie dienen dan morsverliezen te worden voorkomen, dit geldt ook voor overslag voor het storten. De elevatorbakken (onderlossend danwel gesloten) varen naar de put waarna ter plekke van de put de bakken worden ondergelost danwel leeggeknepen via een een stortponton met valpijp of worden via een bakkenzuiger leeggezogen. De specie wordt dan met een persleiding en diffusor in de put gespoten.

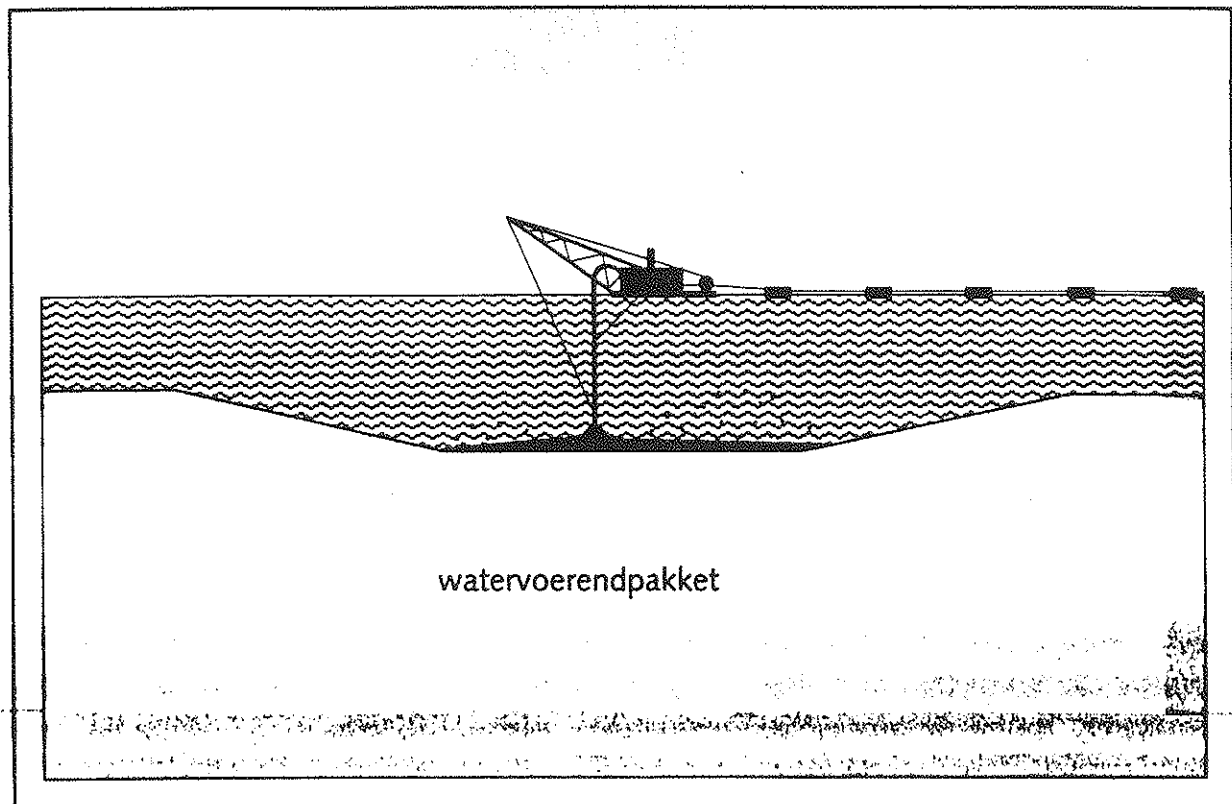
De wijze van vullen van het depot kan op verschillende manieren invloed hebben op de verspreiding van de verontreinigingen. Tijdens het storten kan vast materiaal in in suspensie raken door wervelingen en snelheidsverschillen. Een verlies van 1 tot 5% bij het klappen van specie is mogelijk. Deze specie is echter redelijk geconsolideerd en zal snel sedimenteren. Als de baggerspecie via een persleiding en diffusor of een valpijp wordt gestort wordt dit verlies voor een groot deel voorkomen.

Afhankelijk van de baggermethode wordt er water bij de specie gemengd.

Ook wordt water bijgemengd tijdens het storten van de specie onder invloed van snelheid en drukverschillen. Het toegevoegde water met verontreinigd poriewater zal vervolgens

onder invloed van sedimentatie en consolidatie uit de specie gedrongen worden. Het blijkt dat de hoeveelheid verontreinigingen die op deze wijze wordt uitgeperst uiterst gering is.

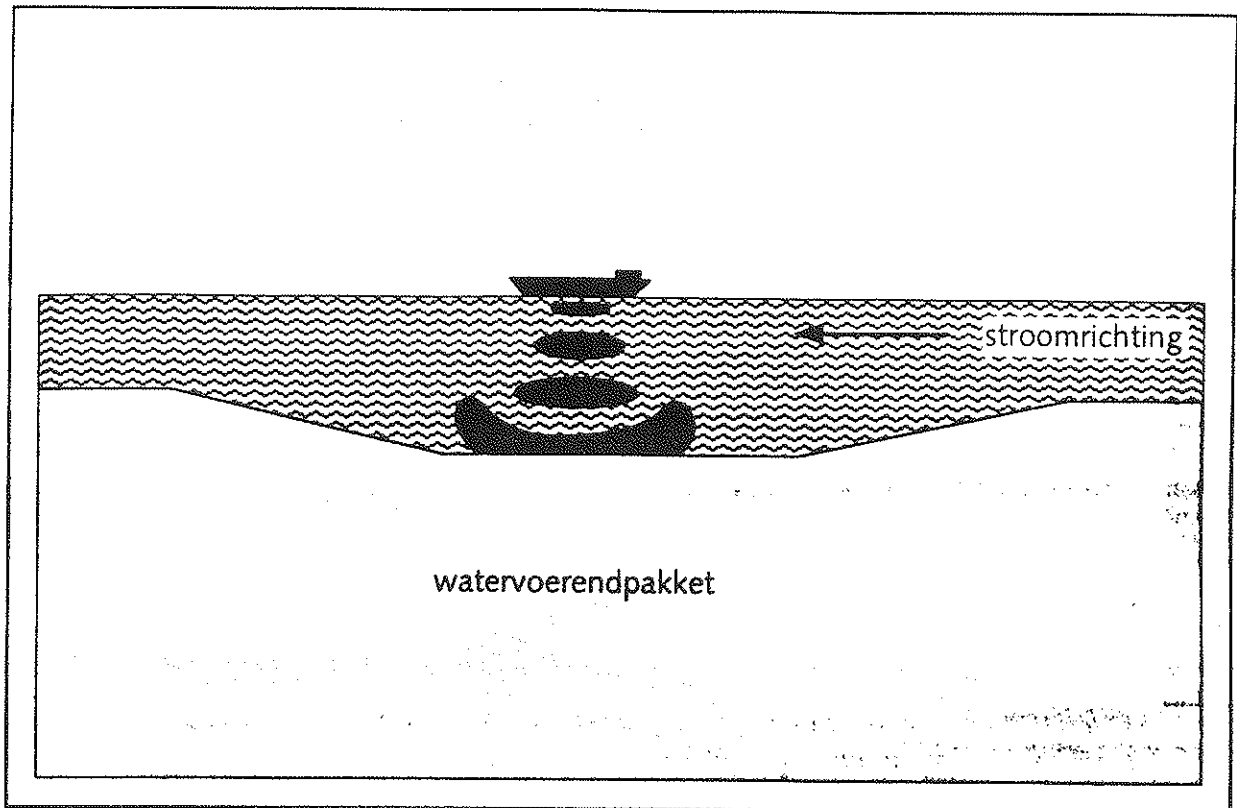
Maximaal enkele tienden van procenten van de oorspronkelijke hoeveelheid geborgen verontreinigingen gaat verloren (vergelijk verontreinigingen in het retourwater in omdijkte depots). Alleen goed oplosbare verontreinigingen blijken een groter verlies op te leveren.



Figuur 3. Het vullen van het onderwaterdepot m.b.v. een stortponton en diffusor.

Door specie met een hogere vervuilingsgraad eerst te storten en af te dekken met een specie die een lagere vervuilingsgraad heeft (horizontale compartimentering), wordt voorkomen dat het oppervlaktewater een langere periode wordt blootgesteld aan zwaar vervuilde baggerspecie. Verder zal de minder vervuilde baggerspecie dienst doen als een adsorptielaag voor het uitgeperste consolidatiewater.

De dichtheid na het storten heeft invloed op de kritische schuifspanning van de specie. De schuifspanning van pas gestort slib is laag. Pas gestorte specie kan dan eenvoudig in opwerveling komen door stroming, windinvloeden en scheepvaart. Als specie in hogere dichtheden in het depot wordt gebracht heeft de specie een hogere kritische schuifspanning, en is dan minder onderhevig aan deze invloeden.



Figuur 4. Het klappen van specie in een onderwaterdepot.

6.3. Uitsleep, invloed van wind en scheepvaart.

Afhankelijk van de lokatiespecifieke kenmerken heeft een depot te maken met verschillen in invloeden. Bij putdepots die liggen in gebieden waar grote stromingen optreden (Oosterschelde, Grevelingen) of hoge waterstanden zorgen voor grote stroomsnelheden (putten in de uiterwaarden) is de diepte van de put, maar ook de kritische schuifspanning van de specie van belang.

Wanneer specie nog ongeconsolideerd is, is de kritische schuifspanning laag en zijn er kleine stroomsnelheden nodig om de specie in beweging te brengen.

Uit onderzoek is gebleken dat wanneer er boven de specie een laag water van ± 6 meter blijft staan er zeer weinig specie zal worden uitgesleept uit het depot. Echter in gebieden waar hoge stroomsnelheden kunnen ontstaan door eb en vloed en door windinvloeden op grote wateroppervlakken, is een veel grotere diepte noodzakelijk om de uitsleep van specie te beperken.

Invloed van scheepvaart kan zeer groot zijn op het verspreiden van specie. Hierbij is de afstand van de kiel tot de sliblaag (keelclearance) van belang. Bij normale vaart zonder versnellingen en vertragingen in de schroefsnellheid dient de keelclearance ± 1.5 meter te zijn om opwoeling en verspreiding van slib te voorkomen. Wanneer echter ook gemanoeuvreerd wordt dient de keelclearance al snel 3 á 4 meter te zijn.

Wanneer grote zeeschepen met assistentie van sleepboten naar de wal worden gedrukt zijn zelfs in diepe havens grote slibverplaatsingen te verwachten. Kwantificering van hoeveelheden opgewoeld slib is zeer moeilijk te geven. Echter in de grote zeehavens wordt de bodem ter plaatse van de aanlegsteigers vaak versterkt met stortsteen danwel mijnsteen om verspreiding van slib en het ontstaan van diepe gaten te voorkomen.

7. Conclusies.

* Omdijkte depots.

Tijdens het vullen van omdijkte depots komt retourwater vrij. Dit moet worden geloosd op oppervlaktewater. Het water is verontreinigd met zwevende stof, zware metalen, organische microverontreinigingen (PAK's, PCB's, chloorbenzeen, minerale olie en bestrijdingsmiddelen), fosfaat en stikstofverbindingen. De zware metalen en organische microverontreinigingen (PAK's en PCB's) zijn voor het grootste deel aan het zwevende stof gebonden, terwijl fosfaat en stikstof in opgeloste vorm aanwezig zijn.

Bij de exploitatie van omdijkte depots zijn verschillende fasen te onderscheiden. De aard en omvang van de lozing is verschillend per fase. In de eerste fase, de onderwaterfase, staat er nog minimaal 5 meter water boven het slibpakket. De bezinking van het zwevende stof wordt nog niet verstoord door de wind, de lozing bevat nog zeer weinig zwevende stof. In de volgende fasen (de tussen- en bovenwaterfase) wordt de bovenstaande laag water kleiner en gaat het zwevende stof gehalte als gevolg van windinvloeden toenemen. Ook het stikstofgehalte stijgt. Dit is het gevolg van de lagere debieten in de perioden. Het fosfaatgehalte ligt gedurende de gehele vulperiode in de orde van 1 á 2 mg/l, zodat hiervoor geen aanvullende maatregelen getroffen hoeven te worden. De maatregelen zullen zich dus richten op verwijdering van zwevende stof (met daaraan gehechte verontreinigingen) en stikstofcomponenten.

De volgende saneringsmaatregelen worden voorgesteld:

Depotmanagement.

Een eerste stap bij het beperken van de emissies is het voorkomen ervan door een gericht depotmanagement. Er zijn verschillende beheersmaatregelen toe te passen, die bijdragen aan een beperking van de lozing:

- regelen van de aflat van het water.

Zo veel mogelijk zal bij het aflaten van water rekening gehouden moeten worden met het zwevende stofgehalte. Zo kan het aflaten van retourwater tijdens perioden van storm worden uitgesteld. Ook kan voorafgaand aan een groot aanbod van specie reeds water uit het depot worden gelaten om de verblijftijd van het retourwater te verlengen. Dit retourwater dient dan wel aan de gestelde eisen te voldoen.

- recirculatie van retourwater.

Door het recirculeren van retourwater wordt het debiet verkleind. Dit kan variëren van 30% in de onderwaterfase tot 60 % in de bovenwaterfase. Dit betekent enerzijds een reductie van de geloosde vracht, en anderzijds een kleinere dimensionering van een eventueel te plaatsen zuiveringstechniek.

- Nitrificeren en denitrificeren in het depot.

Nitrificatie zou mogelijk gestimuleerd kunnen worden door een interne circulatie met beluchting in het depot. Of dit mogelijk is in alle perioden van de exploitatiefase is onderwerp van onderzoek.

Theoretisch beschouwd zou denitrificatie in het depot mogelijk kunnen zijn door een anaerobe waterlaag in de onderwaterfase, in de latere perioden zou mogelijk de anaerobe toplaag van het sediment voor denitrificatie kunnen zorgen.

Zwevende stof.

Voor zwevende stofverwijdering zullen best uitvoerbare technieken moeten worden toegepast. Dit impliceert in ieder geval een dubbele bezinking. Naast de bezinking in het depot zullen nageschakelde technieken zoals bezinkbassin en zandfilter wanneer noodzakelijk ingezet worden. Met toepassing van bezinking zijn concentraties van 20-50 mg/l in het te lozen water haalbaar. In het begin van de vulfase zullen de concentraties, zeker bij een goed depotmanagement, lager zijn (10-20 mg/l). Geadviseerd wordt voor de onderwaterfase in de vergunning een eis voor zwevende stof van 50 mg/l op te nemen, met daarbij de onderzoeksverplichting, gericht op aanvullende zuiveringstechnieken.

Deze aanvullende technieken zullen in ieder geval tijdens de tussen- en bovenwaterfase toegepast moeten worden, maar afhankelijk van het onderzoek ook eerder.

Een eis van ten hoogste 20 mg/l zwevende stof voor deze laatste perioden lijkt haalbaar. Daarmee ligt het zwevende stofgehalte in het te lozen water niet hoger dan in het ontvangende oppervlaktewater.

Stikstof.

Het retourwater bevat zowel ammonium en nitraat. Voor een volledige stikstofverwijdering zou dus nitrificatie en denitrificatie moeten worden toegepast. Hierbij zijn twee opties van verwijdering mogelijk: toepassing van stikstofverwijdering met nageschakelde zuiveringsapparatuur, of nitrificatie in het recirculatiewater en denitrificatie in het depot zelf.

Zowel om technische als vanwege de kosten wordt gekozen voor de laatste optie. Gedacht kan worden om in de vergunning een onderzoeksverplichting op een te nemen waarbij naar een jaargemiddelde gehalte van 15 mg ammonium-N/l in het retourwater wordt gestreefd. Voor denitrificatie in het depot kan een onderzoeksverplichting in de vergunning worden opgenomen.

Organische microverontreinigingen.

Indien bovenstaande maatregelen ter verwijdering van zwevende stof getroffen worden, wordt daarmee een aanzienlijke reductie van de lozing van aan het zwevende stof gebonden microverontreinigingen bewerkstelligd. Voor de nog resterende opgeloste microverontreinigingen dient onderzocht te worden of de te gebruiken technieken voldoende effectief zijn, om ook de resterende verontreinigingen te verwijderen zodat een zeer kleine restlozing resteert.

In tabel 10 zijn de mogelijke eisen aan de omdijkte depots samengevat.

Tabel 10. eisen aan omdijkte depots.

Parameter	eis	onderzoeksver- plichting met eis.	onderzoeksverplichting.
debiet	recirculatie	max. hergebruik.	
zwevende stof	onderwaterfase 50 mg/l tussen- en bovenwaterfase 20 mg/l	in situ en additio- neel, 20 mg/l	
Ammonium			in situ en additioneel nitrificatie 15 mg $\text{NH}_4^+\text{-N/l}$
nitraat			in situ denitrificatie

Voor de organische microverontreinigingen zijn geen specifieke eisen noodzakelijk na toepassing van bovenstaande zuiveringstechnieken.

Niet omdijkte depots.

Voor een onderwaterdepot is het treffen van zuiveringstechnische voorzieningen niet of nauwelijks mogelijk. Het retourwater is niet op te vangen en te zuiveren. Bovendien kan tijdens het vullen zwevende stof zich verspreiden.

Dit betekent dat de aandacht in de vergunningverlening, als invulling van het principe Best Uitvoerbare Technieken, zich dient te richten op acceptatiecriteria voor de baggerspecie, de wijze van overslag, storten en vullen van specie in het depot, de maximale vuldiepte, invloed van wind en scheepvaart en de wijze van afdekking van de put.

In de niet omdijkte depots zullen daarom, mede omdat het uitgeperste sedimentatie- en consolidatiewater niet opgevangen kan worden, eisen gesteld worden aan de baggerspecie die in deze depots zal worden opgeslagen. Alleen specie die een zo hoog mogelijke dichtheid heeft en een kwaliteit lager dan de acceptatiecriteria heeft, mag worden geborgen. De criteria kunnen gebaseerd zijn op de kwaliteit van het uitgeperste poriewater. Deze mag een vooraf vastgestelde kwaliteit (b.v. de grenswaarde uit de ENW) hebben. Deze poriewaterkwaliteit kan theoretisch omgerekend worden naar een baggerspeciekwaliteit. Theoretisch is het dan echter mogelijk dat baggerspecie die de BAGA-grens overschrijdt, geborgen mag worden.

Verder zullen stoffen die een zeer hoge K_{ow} waarde (dus lage poriewaterconcentraties) hebben, aanleiding geven tot zeer hoge acceptatiegrenzen.

Doordat er ook verspreiding van zwevende stof door de stortactiviteiten kan plaatsvinden lijkt een inperking van de acceptatiecriteria noodzakelijk.

De acceptatiecriteria op basis van het uitgetreden poriewater, zijn een onvoldoende waarborg voor het beperken van de emissies richting het oppervlaktewater. Er wordt daarom geadviseerd absolute grenzen in de vergunning op te nemen.

Er wordt geadviseerd het storten van baggerspecie met een kwaliteit hoger dan de interventiewaarde uit het ENW niet toe te staan.

Dit geldt eveneens voor specie die het BAGA overschrijdt.

Per situatie kan van de voorgestelde criteria worden afgeweken, hiervoor dient dan een ontheffing te worden verleend. Er dient danwel aan zeer specifieke stortcriteria en bergingscondities te worden voldaan. Dit kan bijvoorbeeld betekenen dat specie alleen met stortkoker (en mogelijk diffusor voor specie met lage dichtheid) gestort mag worden en direct (na een eerste consolidatie) afgedekt dient te worden.

Het lijkt verder zinvol baggerspecie, danwel grond, te weigeren wanneer deze stoffen bevat die bij het storten in het depot direct vrijkomen, gedacht kan worden aan BTEX, lichte oliesoorten etc.

Uit de berekeningen in bijlage 8 kan worden afgeleid dat de vrachten aan verontreinigingen, uitgezonderd stikstof, uit de omdijkte depots groter zijn dan uit de niet omdijkte depots.

Hierbij moet worden aangetekend dat de vracht uit de omdijkte depots betrekking heeft op ongezuiverde lozingen.

Bij de omdijkte depots zal zuivering van het retourwater leiden tot een verlaging van de geloosde vracht. Deze gereduceerde vracht komt, afhankelijk van de te stellen eisen, waarschijnlijk lager uit dan de vracht die uit open depots komt.

Bij open depots blijkt verder dat de verhouding geloosde vracht/ geborgen vracht nagenoeg gelijk blijft, dit betekent dat de geloosde vracht toeneemt bij hogere geborgen vrachten.

De enige mogelijkheid om de geloosde vrachten uit een depot te beperken is het stellen van acceptatiecriteria.

Dit betekent, mede doordat in de nabije toekomst de water- en waterbodempkwaliteit zal verbeteren, dat specie die in open depots geborgen mag worden niet zwaarder verontreinigd mag zijn dan de interventiewaarde.

Dus mede op basis van de verontreinigingsgraad van de specie dienen maatregelen getroffen te worden om de verspreiding van verontreinigingen zoveel mogelijk te voorkomen.

Dit betekent bij een omdijkt depot het stellen van lozingseisen aan het zwevende stof, en bij een niet omdijkt depot het verplicht stellen van bepaalde storttechnieken en acceptatiecriteria voor de baggerspecie.

Vervolgens dient het probleem van de stikstoflozing te worden beoordeeld.

Stikstof komt van nature voor in de waterbodems. De verontreinigingsgraad van de waterbodem is hierbij niet van belang. Wel is de hoeveelheid afbreekbaar organische stof van belang. In zandige sedimenten is de poriewaterconcentratie van ammoniumstikstof ± 35 mg/l. In zeer slibbige sedimenten kan de poriewaterconcentratie oplopen tot 250 mg ammonium-N/l. Dit betekent dat bij de berging van baggerspecie onafhankelijk van de verontreinigingsgraad van de baggerspecie stikstof zal vrijkomen. In het omdijkte depot door de lozing van het retourwater, in niet omdijkte depots als gevolg van de consolidatieflux. De vrachten uit de verschillende depots verschillen weinig voor wat de stikstofflux betreft. Echter in omdijkte depots ontstaat door het vullen van het depot, aan het eind van de vulperiode, een situatie waarin hoge ammoniumconcentraties (60 tot 100 mg ammonium-N/l) kunnen optreden.

8. Literatuur.

1. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat. Projectgroep Speciedepots. Ontwerpaspecten Speciedepots, resultaten van de tweede fase. Utrecht, 15 januari 1993.
2. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat. Projectgroep Speciedepots. Ontwerpaspecten Speciedepots, deelnota zuiveringstechnieken. Utrecht, 15 augustus 1993.
3. Rijkswaterstaat, Directie Noord-Holland. Baggerspeciéstortplaats Averijhaven Velsen. Gecombineerde aanvraag Wet Milieubeheer en Wet Verontreiniging Oppervlaktewater met onderliggend MER-rapport. 24 november 1993.
4. Rijkswaterstaat, Directie Flevoland. Baggerspeciéstortplaats Ketelmeer, gemeente Dronten. Gecombineerde aanvraag Wet Milieubeheer en Wet Verontreiniging Oppervlaktewater met onderliggend MER-rapport. Almere, november 1993.
5. Rijkswaterstaat, Directie Zuid-holland. Baggerspeciéstortplaats Haringvliet-Hollands Diep. Gecombineerde aanvraag Wet Milieubeheer en Wet Verontreiniging Oppervlaktewater met onderliggend MER-rapport. Rotterdam, januari 1994.
6. Gemeente Amsterdam, Gemeentelijk Havenbedrijf. Baggerspeciéstortplaats Amerikahaven. Gecombineerde aanvraag Wet Milieubeheer en Wet Verontreiniging Oppervlaktewater met onderliggend MER-rapport. Delft, november 1993.
7. Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Directoraat-Generaal Milieubeheer. Milieu-effectrapport berging baggerspecie. Themarapport, samenvatting en aanvulling. Den Haag, maart 1992, april 1993.
8. Min. Verkeer en Waterstaat, Min. Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer. Beleidsstandpunt verwijdering baggerspecie. Den Haag, oktober 1993.
9. Hartnack. J., Wesseling. B. Gevolgen van de stort van baggerspecie in de ontgrondingsput Kaliwaal te Druten. RIZA, werkdocument 90.187 X met brief nr. RAC/12733. Lelystad, februari 1991.
10. Beleidsgroep Berging Baggerspecie, Werkgroep Retourwater Slufter, voorstel voor behandeling waterstromen Slufter. Lelystad, maart 1991.
11. Hartnack. J., Zeegers. I. Advies met betrekking tot de stort van met dioxinen verontreinigde baggerspecie uit de Usselincxhaven in de Amerikahaven te Amsterdam. RIZA, brief nr. RA/7262. Lelystad, juli 1993.

BIJLAGEN.

Verklarende woordenlijst.

BAGA	Besluit Aanwijzing Gevaarlijke Afvalstoffen, besluit in de Wet Milieu-beheer. Vervangt de Wet Chemische Afvalstoffen (WCA).
Booster	tussenstation voor het verpompen van baggerspecie
Bovenwaterfase	periode in de vulfase van een depot waarbij het specieniveau boven de waterspiegel uitkomt.
Consolidatiefase	periode in de exploitatiefase van een depot waarbij water uittreedt als gevolg van inklinking van de specie
Depotmanagement	het geheel van maatregelen voor het in stand houden van het depot.
Debiet	volume per tijdseenheid
Diffusor	constructie aan het eind van de baggerspeciepijp om de persdruk te verminderen en de baggerspecie langzaam uit te laten vloeien in depot.
Dijkse kwel	Kwel door een ongeïsoleerd dijklichaam
Exploitatieperiode	de periode waarin het depot actief beheerd wordt, in de nota omvat de exploitatieperiode, voorwat betreft het retourwater, de vulfase en de consolidatiefase.
I.B.C. criteria	isoleren, beheersen en controleren.
isoleren	verspreiding van bodembedreigende stoffen dient te worden vermeden door isolerende maatregelen.
beheersen	de situatie waarin bodembedreigende stoffen op of in de bodem worden gebracht dient beheersbaar te zijn, en in de toekomst ook te blijven, ook als de isolerende maatregelen falen.
controleren	tevens moet de situatie nu en in de toekomst controleerbaar blijven. Regelmatige controle op de situatie en effectiviteit van de getroffen maatregelen dient plaats te vinden.
in situ m ³	ter plaatse gemeten hoeveelheid baggerspecie.
Keelclearance	afstand tussen de bodem van het schip en de waterbodem.
Lipofiel	vetminnend, wordt gebruikt voor stoffen met een hoge octanol-water verdeling (Kow).
Neerslagoverschot	jaarlijkse hoeveelheid neerslag minus de jaarlijkse hoeveelheid verdamping.

Onderwaterfase	periode in de vulfase van een depot waarbij het specieniveau reikt tot 5 meter onder de waterspiegel.
Omives	Organische microverontreinigingen
PAK	Poly Aromatische Koolwaterstof.
PCB	Poly Chloor Bifenyl.
Persistent	slecht afbreekbaar.
Pilot plantstudie	praktijkstudie op kleinere schaal
Recirculatie	het gebruik van retourwater uit het depot voor het verpompen van baggerspecie
Retourwater	water uit het depot, bestaande uit verdringingswater (1 m ³ baggerspecie levert 1 m ³ water), consolidatiewater (inklinkingswater), perswater (voor het verpersen van de baggerspecie) en regenwater.
SS	Soluble Solids, aanduiding voor zwevende stof.
TMT	trimercaptotriazine, chemische stof die gebruikt wordt om zware metalen te precipiteren in een fysisch-chemische zuivering.
Tussenfase	periode in de vulfase van een depot waarbij het specieniveau reikt van 5 meter tot ± 1 meter onder de waterspiegel.
Uitleveringsfactor	de hoeveelheid geloosd retourwater per in situ m ³ baggerspecie
Volume factor	factor die vermenigvuldigd met het aantal in situ m ³ het volume van het depot bepaald (de factor wordt bepaald door de baggertechniek, de opmenging met water, gasvorming, mate van consolidatie, etc).
Vracht	concentratie maal debiet
Vulregiem/ strategie	de wijze waarop een depot wordt gevuld (bv. in 1 jaar of geleidelijk in 20 jaar).

Bijlage 1: Gebruikte waterbalans

tijd (jaren)	waterpeil [m NAP]	slibpeil [m NAP]	neerslag [m ³ .d]	productie [m ³ /d]	dijkkwiel [m ³ .d]	inzijg [m ³ /d]	Qop [m ³ /d]	Qneer [m ³ /d]	retour [m ³ /d]
0.00	-4.50	-25.00	353.60	7262.47	0.00	0.00	0.00	0.00	7616.07
0.25	-4.50	-24.19	353.60	7262.47	0.00	0.00	0.00	0.00	7616.07
0.50	-4.50	-23.59	353.60	7262.47	0.00	0.00	2138.58	0.00	7616.07
0.75	-4.50	-23.05	353.60	7262.47	0.00	0.00	3433.93	0.00	7616.07
1.00	-4.50	-22.52	353.60	7262.47	0.00	0.00	3349.30	0.00	7616.07
1.25	-4.50	-21.96	353.60	7262.47	0.00	0.00	3333.60	0.00	7616.07
1.50	-4.50	-21.40	353.60	7262.47	0.00	0.00	3323.14	0.00	7616.07
1.75	-4.50	-20.85	353.60	8748.38	0.00	0.00	3312.68	0.00	9101.98
2.00	-4.50	-20.29	353.60	8748.38	0.00	0.00	3304.94	0.00	9101.98
2.50	-4.50	-19.18	353.60	8748.38	0.00	0.00	3294.47	0.00	9101.98
3.00	-4.50	-18.04	353.60	8748.38	0.00	0.00	3283.81	0.00	9101.98
3.50	-4.50	-16.92	353.60	8748.38	0.00	0.00	3334.82	0.00	9101.98
4.00	-4.50	-15.80	353.60	8748.38	0.00	0.00	3919.07	0.00	9101.98
4.50	-4.50	-14.68	353.60	8748.38	0.00	0.00	3905.82	0.00	9101.98
5.00	-4.50	-13.55	353.60	10390.58	0.00	0.00	3900.53	0.00	10744.19
5.50	-4.50	-12.41	353.60	10390.58	0.00	0.00	3887.99	0.00	10744.19
6.00	-4.50	-11.28	353.60	10390.58	0.00	0.00	3880.34	0.00	10744.19
6.50	-4.50	-10.15	353.60	10390.58	0.00	0.00	3869.24	0.00	10744.19
7.00	-4.50	-9.01	353.60	10390.58	0.00	0.00	4503.16	0.00	10744.19
7.50	-4.50	-7.88	353.60	10390.58	0.00	0.00	4498.81	0.00	10744.19
8.00	-4.50	-6.71	353.60	10390.58	0.00	0.00	4490.08	0.00	10744.19
8.50	-4.50	-5.57	353.60	11704.74	0.00	0.00	4478.74	0.00	6238.56
9.00	-3.42	-4.42	353.60	11704.74	0.00	0.00	4458.53	0.00	5757.67
9.50	-2.27	-3.27	353.60	11704.74	0.00	0.00	4441.24	0.00	5483.21
10.00	-1.11	-2.11	353.60	11704.74	0.00	0.00	4416.20	0.00	5280.88
10.50	0.06	-0.94	353.60	11704.74	0.00	0.00	4859.34	0.00	5079.11
11.00	1.24	0.24	353.60	12829.14	0.00	0.00	4858.15	0.00	6022.81
11.50	2.42	1.42	353.60	12829.14	0.00	0.00	4836.32	0.00	5875.96
12.00	3.60	2.60	353.60	12829.14	0.00	0.00	5165.81	0.00	5492.83
12.50	4.81	3.81	353.60	12829.14	0.00	0.00	5175.94	0.00	5376.00
13.00	6.01	5.01	353.60	0.00	0.00	0.00	5143.76	0.00	7864.40
13.50	4.86	4.86	353.60	0.00	0.00	0.00	1144.62	0.00	1340.08
14.00	4.70	4.70	353.60	0.00	0.00	0.00	1020.31	0.00	1310.27
14.50	4.55	4.55	353.60	0.00	0.00	0.00	939.39	0.00	1210.57
15.00	4.42	4.42	353.60	0.00	0.00	0.00	882.53	0.00	1208.51
16.00	4.15	4.15	353.60	0.00	0.00	0.00	801.54	0.00	1170.37
17.00	3.89	3.89	353.60	0.00	0.00	0.00	743.71	0.00	1136.34
18.00	3.64	3.64	353.60	0.00	0.00	0.00	699.73	0.00	1099.88
19.00	3.41	3.41	353.60	0.00	0.00	0.00	665.05	0.00	1063.59
20.00	3.18	3.18	353.60	0.00	0.00	0.00	635.52	0.00	1066.58
21.00	2.95	2.95	353.60	0.00	0.00	0.00	609.94	0.00	1044.20
22.00	2.73	2.73	353.60	0.00	0.00	0.00	587.25	0.00	1016.51
23.00	2.51	2.51	353.60	0.00	0.00	0.00	566.70	0.00	1012.22
24.00	2.30	2.30	353.60	0.00	0.00	0.00	547.75	0.00	997.08
25.00	2.09	2.09	353.60	0.00	0.00	0.00	529.91	0.00	941.71
30.00	1.11	1.11	353.60	0.00	0.00	0.00	453.91	0.00	866.15
35.00	0.25	0.25	353.60	0.00	0.00	0.00	393.17	0.00	799.53
40.00	-0.52	-0.52	353.60	0.00	0.00	0.00	342.85	0.00	739.89
45.00	-1.19	-1.19	353.60	0.00	0.00	0.00	302.20	0.00	695.55
50.00	-1.80	-1.80	353.60	0.00	0.00	0.00	268.53	0.00	641.88
60.00	-2.83	-2.83	353.60	0.00	0.00	0.00	216.28	0.00	583.53
70.00	-3.67	-3.67	353.60	0.00	0.00	0.00	178.82	0.00	544.55
80.00	-4.38	-4.38	353.60	0.00	0.00	0.00	149.83	0.00	384.33
90.00	-4.50	-4.99	353.60	0.00	0.00	0.00	127.32	0.00	353.60
100.00	-4.50	-5.50	353.60	0.00	0.00	0.00	108.99	0.00	353.60
120.00	-4.50	-6.35	353.60	0.00	0.00	0.00	81.56	0.00	353.60
140.00	-4.50	-6.98	353.60	0.00	0.00	0.00	66.25	0.00	353.60
160.00	-4.50	-7.48	353.60	0.00	0.00	0.00	43.87	0.00	353.60
180.00	-4.50	-7.87	353.60	0.00	0.00	0.00	46.22	0.00	353.60
200.00	-4.50	-8.20	353.60	0.00	0.00	0.00	28.46	0.00	353.60

Bijlage 2. Samenstelling en eigenschappen van het retourwater berekend in het referentie-ontwerp.

Parameter		0-6 jaar	6-8,5 jaar	8,5-13 jaar
Debiet	(m ³ /d)	10.000	6.000	1.000
Zwevende stof	(mg/l)	10	50	200
CZV	(mg/l)	30	100	100
BZV	(mg/l)	2	15	15
Nutriënten				
NO ₃ -N	(mg/l)	4-7	5-20	15-20
NH ₄ ⁺	(mg/l)	0-15	15-45	40-80
P-totaal	(mg/l)	1	1	1
Polychloor bifenylen				
Totaal PCB's	(ng/l)	55-68	85	131
PCB 28	(ng/l)	14-19	21-24	34
PCB 52	(ng/l)	10-13	16	25
PCB 101	(ng/l)	9-11	14	22
PCB 118	(ng/l)	4	5	8
PCB 138	(ng/l)	7-9	11	17
PCB 153	(ng/l)	8	10	17
PCB 180	(ng/l)	3,3-4	5	8
Poly-aromatische koolwaterstoffen (6 van Borneff)				
Totaal PAK's	(ng/l)	725-924	1.187	1.573
B(ghi)P	(ng/l)	55-63	79	135
B(a)P	(ng/l)	79-93	120	190
I(123)P	(ng/l)	48-57	71	119
B(b)F	(ng/l)	86-100	130	213
B(k)F	(ng/l)	57-65	80	128
FL	(ng/l)	400-546	628	788
Zware metalen				
Cadmium	(µg/l)	0,1-0,1	0,3-1,9	1,6
Chroom	(µg/l)	1,5-2,0	5,9-32,8	32,8
Koper	(µg/l)	2,2-2,5	4,5-18,7	18,7
Kwik	(µg/l)	0,03-0,04	0,04-0,6	0,612
Nikkel	(µg/l)	2,3-3,2	3,1-8	8,2
Zink	(µg/l)	11-14	14-174	177
Overige				
Chloride	(mg/l)	150-200	150-200	150-200
DCB 1,2	(µg/l)	0,02-1,8	2,9	3,1
IJzer(als FeO)	(µg/l)	17	17	17
Calcium	(mg/l)	50	150	150
Sulfide	(mg/l)	76	76	76
pH	-	7-8	7-8	7-8
Temperatuur	(°C)min/max	3,5-4/3,5-4	3,5-4/20	3,5-4/20

Bijlage 3. Kostenberekeningen.

Kosten berekeningen per verwijderde hoeveelheid verontreiniging voor de verschillende perioden van de vulfase.

de berekingen zijn uitgevoerd op basis van concentraties, rendementen en kosten van de techniek (zie ook hfdst. 5).

Tabel 1: Kosten per kg verwijderde stof 0-6]

Techniek	zwevende stof		sluikstof		zware metalen		PAK x 1.000		PCB x 1.000	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
bezinking	/0,00	/0,00			/0,00	/0,00	/0,00	/0,00	/0,00	/0,00
coagulate/flocculate	/27,55	/45,56			/12,62	/43,13	/585,87	/4.448,30	/5.365,13	/61.102,83
zandfiltratie	/4,00	/12,63			/1,87	/10,10	/48,22	/433,98	/794,83	/4.470,94
actief koolfiltratie							/247,99	/1.735,92	/5.961,25	/9.538,00
hyperfiltratie (na zandfiltr.)	/11.800,00	/1.180.000,00	/297,98	/1.072,73	/413,79	/4.965,49	/9.144,59	/128.024,30	/146.547,44	/703.427,72
nanofiltratie	/8.900,00	/780.000,00					/13.794,39	/169.252,47	/110.531,54	/1.162.444,11
microfiltratie	/25,25	/57,89					/452,06	/1.989,08	/5.322,55	/20.491,80
ozon/katalysator			/32,14	/35,35			/767,14	/843,85	/10.537,57	/11.591,32
denitr. actief - silbysysteem			/8,18	/9,09						
biorotor			/3,18	/3,54			/76,71	/84,39	/1.053,76	/1.159,13
fluid/vastbed			/9,09	/13,64						
zwavel kalksteen			/6,82	/7,58						

Tabel 2: Kosten per kg verwijderde stof 6-8]

Techniek	zwevende stof		sluikstof		zware metalen x 1.000		PAK x1.000		PCB x 1.000	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
bezinking	/0,00	/0,00			/0,00	/0,00	/0,00	/0,00	/0,00	/0,00
coagulate/flocculate	/7,55	/12,44			/1,78	/6,06	/670,72	/5.075,68	/5.561,82	/63.134,16
zandfiltratie	/0,60	/2,53			/0,14	/1,04	/30,21	/362,55	/450,96	/3.382,19
actief koolfiltratie							/453,19	/3.172,30	/9.864,71	/15.783,54
hyperfiltratie (na zandfiltr.)	/2.240,00	/212.000,00	/95,73	/326,15	/40,40	/458,80	/7.250,97	/96.075,41	/105.223,60	/478.015,78
nanofiltratie	/1.820,00	/156.000,00					/11.782,83	/141.394,00	/85.494,18	/879.366,66
microfiltratie	/5,05	/10,53			/1,14	/4,33	/377,65	/1.510,62	/4.026,41	/14.092,45
ozon/katalysator			/14,76	/16,24			/869,75	/956,73	/10.818,44	/11.900,29
denitr. actief - silbysysteem			/4,92	/5,47						
biorotor			/1,85	/2,05			/109,86	/120,85	/1.366,54	/1.503,19
fluid/vastbed			/11,23	/18,80						
zwavel kalksteen			/3,08	/3,42						

Tabel 3: Kosten per kg verwijderde stof 8-13]

Techniek	zwevende stof		sluikstof		zware metalen x 1.000		PAK x 1.000		PCB x 1.000	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
bezinking	/0,83	/2,50			/0,33	/2,50	/2,50	/7,50	/1,50	/7,50
coagulate/flocculate	/3,62	/6,94			/3,94	/15,63	/7,10	/62,50	/4,73	/62,50
zandfiltratie	/0,60	/0,74			/0,67	/1,40	/0,67	/2,33	/0,80	/1,75
actief koolfiltratie							/2,50	/17,50	/4,38	/7,00
hyperfiltratie (na zandfiltr.)	/680,00	/50.000,00	/37,78	/100,00	/56,67	/500,00	/48,57	/500,00	/56,67	/200,00
nanofiltratie	/420,00	/35.500,00					/60,00	/710,00	/35,00	/355,00
microfiltratie	/1,26	/2,63			/1,32	/5,00	/2,08	/8,33	/1,79	/6,25
ozon/katalysator			/8,59	/9,44			/8,59	/9,44	/8,59	/9,44
denitr. actief - silbysysteem			/2,30	/2,56						
biorotor			/1,05	/1,17			/1,06	/1,17	/1,06	/1,17
fluid/vastbed			/2,60	/3,94						
zwavel kalksteen			/1,25	/1,39						

Bijlage 4. Depot Hollandsch Diep.

Inleiding.

Het depot Hollandsch Diep zal worden aangelegd op de lokatie West van de voorkeursalternatieven. Het depot wordt uitgevoerd met twee compartimenten.

De put in het depot zal 50 meter diep worden.

Het depot wordt gebouwd voor de berging van 30 miljoen m³ baggerspecie.

Het depot wordt gevuld tot een laag van 5 meter water overblijft.

Dit betekent dat er alleen een onderwaterfase aanwezig is. Hierdoor kenmerkt het retourwater zich door aanzienlijke debieten (7000 m³/dag) en lage zwevende stof- en stikstofconcentraties. Maximaal wordt een zwevend stofconcentratie van 20 mg/l bereikt. Voor het stikstof geldt een totaal N-concentratie van 50 mg/l (zie tabel 11).

Vrachten geloosd met het retourwater.

Om een vergelijking te maken tussen de verschillende depots is een vergelijking mogelijk van de geloosde vrachten van de verschillende verontreinigingen, gerelateerd aan het aantal in-situ m³, een mogelijkheid.

In deze vergelijking wordt uitgegaan van een vergelijking van de som stikstof, zware metalen (cadmium), PAK (benz(a)pyreen), PCB (PCB 153) en de vracht zwevende stof.

In de onderstaande tabel 11. zijn de kentallen voor de berekening aangegeven.

Tabel 11. Retourwaterkarakteristieken depot Hollandsch Diep.

	vracht geborgen specie (kg)	Concentratie retourwater ¹			
		waterdiepte (meters)			
		30	15	5	
Ammonium		12.2	15.3	18.5	
Nitraat		5.4	10.6	29.6	
totaal N		18	26	50	
zwevende stof				20	
Cadmium	343500			0.67	
B(a)P	18190			0.88	
PCB 153	2405			0.02	
Debiet	2.15-2.5 miljoen m ³ /j	totaal 43-50 miljoen m ³			
totaal in depot gebracht 30 miljoen m ³ baggerspecie (s.m. 1360 kg/m ³)					

1: zwevende stof en stikstof in mg/l, de microverontreinigingen in µg/l.

Tabel 12. vrachtberekeningen.

Depot Hollandsch Diep, capaciteit: 30 miljoen m ³ (55% ds). Debiet retourwater 43 - 50 miljoen m ³ .					
Parameter	geborgten vracht		geloosde vracht		geloosde vracht/ in situ m ³ .
	mg/kg	kg	µg/l	kg	
cadmium	*	343500	0.67	33.5	1.1 mg
benzo(a)pyreen	*	18190	0.88	44	1.5 mg
PCB 153	*	2405	0.02	1	0.03 mg
zwevende stof	*	*	20*10 ³	1*10 ⁶	0.03 kg
stikstof	*	*	32*10 ³	1.6*10 ⁶	0.05 kg

* = geen gegevens voorhanden. De gegevens zijn geput uit verschillende bronnen.

De uitleveringsfactor als hoeveelheid geloosd retourwater per in situ m³ baggerspecie is voor het depot Hollandsch Diep is 1.4 tot 1.7.

Mogelijkheden tot behandeling van het retourwater.

In het depot Hollandsch Diep is alleen een onderwaterfase aanwezig. Dit betekent dat het retourwater zich kenmerkt door aanzienlijke debieten (7000 m³/dag) en lage zwevende stof- en stikstofconcentraties. Maximaal wordt een zwevend stofconcentratie van 20 mg/l bereikt. Voor het stikstof geldt een totaal N-concentratie van 50 mg/l (zie tabel 10).

De mogelijke eisen en saneringsmaatregelen zullen liggen in de sfeer van het gebruik van het reinigend vermogen van het depot. Het gebruik maken van recirculatie en invloed daarvan op de rendementen, de vrachten en debieten dient te worden bekeken. Het onderzoek naar het zelfreinigende vermogen van het depot zal moeten worden opgezet. De mogelijke eisen aan zwevende stof zullen conform de voorstellen voor eisen die voor het referentiedepot zijn uitgewerkt opgenomen dienen te worden in de vergunning.

Bijlage 5. Depot Ketelmeer.

Inleiding

Centraal gelegen in het Ketelmeer wordt voor de berging van 21.9 miljoen m³ verontreinigde baggerspecie een eilanddepot aangelegd. Het eilanddepot is rond van vorm, ϕ 1100 meter met een diepte van 42.5 meter - NAP en een dijkhoogte van 10 meter + NAP (zie verder lit.4).

In het MER wordt uitgegaan van twee vulscenario's.

Het eerste scenario, die ook is aangevraagd in de vergunning, gaat uit van het snelle saneren van het Ketelmeer (5 jaar). Het tweede scenario gaat uit van het langzamer saneren (in 10 jaar) en vullen van het depot.

Bij de sanering van het Ketelmeer komt $\pm$ 15 miljoen m³ baggerspecie vrij.

Uit Rijks- en regionale wateren komt de navolgende 10 jaar nogeens 5 miljoen m³ baggerspecie vrij.

Het snelle vulscenario, 10 miljoen m³ in 5 jaar, is aangevraagd. Het is de vraag of dit scenario, gezien de financiën die beschikbaar zijn, ook daadwerkelijk uitgevoerd zal gaan worden. Bij het stellen van eisen en saneringsmaatregelen zal uitgegaan worden van het snelle scenario. Wanneer toch gekozen wordt voor het langzame scenario, zullen de onderzoeksverplichtingen in een later stadium moeten worden overlegd.

De onderwaterfase duurt 3 jaar (zie tabel 12) waarbij debieten optreden van 15.000 tot 24.000 m³/dag. In het tweede jaar van de vulfase komt het ammonium- en zwevend stofgehalte reeds boven de mogelijke eis van 50 mg zwevende stof/l en de richtinggevende concentratie van 15 mg NH₄-N/l.

In het vierde jaar zal reeds met additionele zuivering van het retourwater moeten worden begonnen.

Verwijdering van zwevende stof kan plaatsvinden door bezinking en zandfiltratie.

De verwijdering van het stikstof wordt deels m.b.v. de biorotor, voor de nitrificatie, en deels in het depot, voor de denitrificatie, uitgevoerd.

Vrachten geloozd met het retourwater.

in de onderstaande tabel 13. zijn de kentallen voor de berekening aangegeven.

Tabel 13. Retourwaterkarakteristieken van het Ketelmeerdepot.

fase	waterlaag (m)	jaar	debiet (m3/jaar) [*1000]	concentratie's in (mg/l)		vrachten in (kg/jaar)	
				NH ₄ ⁺	zwevende stof	NH ₄ ⁺	zwevende stof
onderwaterfase	30	1	5300	4	28	21200	148400
	20	2	6500	10	41	65000	266500
	10	3	8500	30	54	255000	459000
tussenfase	2	4	8300	77	153	639100	1269900
bovenwaterfase	1,5	5	5700	36	153	205200	872100
	1,5	6	1800	24	153	43200	275400
	1,5	7	1200	22	153	26400	183600
	1,5	8	1100	20	153	22000	168300
	1,5	9	1000	19	153	19000	153000
	1,5	10	890	12	130	10680	115700
	1,5	11	1100	18	130	19800	143000
	1,5	12	930	21	130	19530	120900
	1,5	13	911	21	130	19131	118430
	1,5	14	895	21	130	18795	116350
	1,5	15	882	20	130	17640	114660
	1,5	16	872	7	130	6104	113360
	1,5	17	863	7	130	6041	112190
	1,5	18	855	7	130	5985	111150
	1,5	19	849	7	130	5943	110370
consolidatiefase	1,5	20	676	7	125	4732	84500
	1,5	21	552	9	125	4968	69000
	1,5	22	260	16	125	4160	32500
	1,5	23	248	15	125	3720	31000
	1,5	24	238	14	125	3332	29750
	1,5	25	457	13	125	5941	57125
	1,5	30	320	31	125	9920	40000
	2	50	176	21	125	3696	22000
	6	100	81	0	31	0	2511
	7	150	66	0	31	0	2046
	7	200	64	0	31	0	1984

De geloosde vrachten zijn voor de stikstof en zwevende stof goed te berekenen, aangezien hier informatie aanwezig is.

Voor zware metalen, PAK's en PCB's zijn de gegevens onvolledig.

Voor een vergelijk van de verschillende depots zullen bekende parameters worden gekozen nml. Cadmium, benz(a)pyreen en PCB 153.

Tabel 14. vrachtberekeningen.

Depot Ketelmeer. capaciteit: 21.9 miljoen m³ (72% ds). Debiet retourwater 64.3 miljoen m³.					
Parameter	geborgten vracht		geloosde vracht		geloosde vracht/ in situ m ³ .
	mg/kg	kg	µg/l	kg	
cadmium	10.7	175000		66.8	2.9 mg
benzo(a)pyreen	*	*	0.19 ¹	12.2	0.5 mg
PCB 153	0.064	1000	0.075	0.51	0.02 mg
zwevende stof	*	*	*	1466 ton	0.06 kg
stikstof	*	*	*	5345 ton	0.23 kg

* = geen gegevens aanwezig. gegevens geput uit verschillende bronnen. ¹ = berekend uit gegevens referentie ontwerp.

De uitleveringsfactor als hoeveelheid geloosd retourwater per in situ m³ baggerspecie is voor het depot Ketelmeer is 2.9. Hierbij is recirculatie niet inbegrepen.

Mogelijkheden tot behandeling van het retourwater en eisen aan het retourwater.

Het snelle vulscenario, 10 miljoen m³ in 5 jaar, is aangevraagd. Het is de vraag of dit scenario, gezien de financiën die beschikbaar zijn, ook daadwerkelijk uitgevoerd zal gaan worden. Bij het stellen van mogelijke eisen en saneringsmaatregelen zal uitgegaan worden van het snelle scenario. Wanneer toch gekozen wordt voor het langzame scenario, zullen de onderzoeksverplichtingen in een later stadium moeten worden overlegd.

De onderwaterfase van het snelle vulscenario duurt 3 jaar (zie tabel 11) waarbij debieten optreden van 15.000 tot 24.000 m³/dag. In het tweede jaar van de vulfase komt het ammonium- en zwevend stofgehalte reeds boven de geadviseerde eis van 50 mg zwevende stof/l en de richtinggevendende concentratie van 15 mg NH₄-N/l. Dit betekent dat reeds in een vroeg stadium onderzoek dient te worden opgestart naar recirculatie van het retourwater, reductie van zwevende stof tot 20 mg/l en zuivering van stikstof in het depot.

In het vierde jaar zal reeds met additionele zuivering van het retourwater moeten worden begonnen. Verwijdering van zwevende stof en stikstof is mogelijk.

Bijlage 6. Depot Averijhaven.

Inleiding.

Het depot Averijhaven is reeds in de voorliggende jaren gevuld met baggerspecie uit de havens van Hoogovens en toeleidingskanalen van de zeesluizen. De haven is nu tot ± 2 meter onder het wateroppervlak opgevuld. In de MER (zie lit.3.) wordt een dijk voorzien van 15 meter + NAP om de Averijhaven om de haven verder op te vullen met baggerspecie.

De capaciteit van de Averijhaven is in totaal circa 2 miljoen m³. Er is reeds circa 500.000 m³ gestort.

Er is alleen een vulfase, die in het MER de exploitatiefase wordt genoemd. Tijdens de consolidatiefase zal consolidatiewater met neerslagoverschot afgevoerd moeten worden. De beginsituatie in de Averijhaven is zodanig dat er een waterschijf boven de specie staat van veel minder dan 5 meter. Tijdens vulfase wordt 1 meter gehandhaafd.

In de tabel 15 en 16 staan de berekende concentraties aan verontreinigingen in het retourwater. Deze geldt voor de gehele periode van vullen en consolideren. In tabellen is geen rekening gehouden met hergebruik van retourwater. De vulfase duurt 12 jaar, de consolidatiefase is doorgerekend tot 80 jaar na einde vulfase.

Tijdens consolidatiefase neemt de invloed van het neerslagoverschot op de samenstelling van het retourwater verhoudingsgewijs steeds meer toe.

Vrachten geloosd met het retourwater.

In de onderstaande tabellen 15 en 16. zijn de kentallen voor de berekening aangegeven.

Tabel 15. debieten en concentraties depot Averijhaven.

periode	debiet m ³ /dag	tot. debiet milj. m ³	zwevende stof mg/l	NH ₄ ⁺ mg/l	NO ₃ mg/l	zware metalen µg/l	PAK µg/l	PCB µg/l
vulfase	355	1,55	50 - 400	100 - 250	50 - 80	84-207	15 - 20	0,010 - 0.027
consoli- datie	115	3,3	50 - 400	100 - 250	50 - 80	84-207	15 - 20	0,010 - 0.027

Tabel 16. vrachten somparameters.

periode	debiet m ³ /d	tot. m ³	vracht N ton	vracht z.s. ton	zw.met kg	PAK's kg	PCB's g
vulfase	355	1,55 milj	232,5- 511,5	77,5-620	104,2- 270,5	23,25-31	15,5- 41,85
consoli- datiefase	155	3,3 milj	495-1089	165-1320	221,8- 575,9	49,5-66	33-89

De geloosde vrachten zijn voor de stikstof en zwevende stof goed te berekenen, aangezien hier informatie aanwezig is.

Voor zware metalen, PAK's en PCB's zijn de gegevens onvolledig. Voor een vergelijk van de verschillende depots zullen bekende parameters worden gekozen nml. Cadmium, benz(a)pyreen en PCB 153.

Tabel 17. vrachtberekeningen.

Depot Averijhaven. capaciteit: 1.5 miljoen m³ (50% ds). Debiet retourwater 4.85 miljoen m³ (De berekeningen zijn gebaseerd op de nog te storten specie)					
Parameter	geborgten vracht		geloosde vracht		geloosde vracht/ in situ m ³ .
	mg/kg	kg	µg/l	kg	
cadmium	3.2	2400	0.25	1.2	0.8 mg
benzo(a)pyreen	8.0	6000	1.2	5.82	3.88 mg
PCB 153	0.011	8.25	0.002	0.009	0.006 mg
zwevende stof	*	*	400 mg/l ¹	1940 ton	1.3 kg
stikstof	*	*	300 mg/l ¹	1600 ton	1.1 kg

* = geen gegevens beschikbaar. Gegevens geput uit verschillende bronnen.

¹ = maximale waarden.

De uitleveringsfactor als hoeveelheid geloosd retourwater per in situ m³ baggerspecie is voor het depot Averijhaven is 3.2. Hierbij is recirculatie niet inbegrepen. Bij maximaal hergebruik van het retourwater is de uitleveringsfactor 2.4.

Mogelijkheden tot behandeling van het retourwater.

Het retourwater vanuit de Averijhaven zal door de hoge zwevend stof- en stikstofconcentraties additioneel gezuiverd moeten worden. Recirculatie van het retourwater is reeds voorzien in de totale omgang met het depot.

Verwijdering van zwevende stof door bezinking en zandfiltratie behoort tot de mogelijkheden. De verwijdering van het stikstof wordt deels additioneel, voor de nitrificatie, en deels in het depot, voor de denitrificatie, uitgevoerd.

Het rendement van denitrificatie in het depot dient onderzocht te worden.

De geadviseerde eis van 50 mg zwevende stof/l is ook van toepassing op het depot Averijhaven.

Bijlage 7. Depot Amerikahaven.

Inleiding.¹

De Amerikahaven is een onderwaterdepot en zal tot maximaal 16 m -NAP opgevuld worden.

Sinds 1967 tot heden circa 6,7 miljoen m³ baggerspecie/vliegas/grond etc.

De capaciteit van de haven tot 16 m -NAP is 2,3 miljoen m³, waarvan 1 miljoen m³ als afdeklaag klasse 1/2.

Het totale oppervlak van de Amerikahaven dat als stortlokatie dienst zal doen bedraagt circa 1.55 milj. m².

Totaal uittredend poriënwater, vanuit bestaande baggerspecie en nieuwe baggerspecie, ontstaat zowel tgv. sedimentatie als consolidatie.

Vrachten geloosd met het retourwater.

Om een vergelijking te maken tussen de verschillende depots is een vergelijking mogelijk van de geloosde vrachten van de verschillende verontreinigingen, gerelateerd aan het aantal in-situ m³, een mogelijkheid.

In deze vergelijking wordt uitgegaan van een vergelijking van de som stikstof, zware metalen, PAK's, PCB's en de vracht zwevende stof. De geloosde vrachten zijn voor de stikstof en zwevende stof goed te berekenen, aangezien hier informatie aanwezig is. Voor zware metalen, PAK's en PCB's zijn de gegevens onvolledig. Voor een vergelijk van de verschillende depots zullen bekende parameters worden gekozen nml. Cadmium, benz(a)pyreen en PCB 153.

In de onderstaande tabellen 18 en 19 zijn de kentallen voor de berekening aangegeven.

Tabel 18. Retourwaterkarakteristieken depot Amerikahaven.

Onderstaande situatie is een "worst case" situatie omdat als een gedeelte op diepte is gebracht (17 m - NAP) een afdeklaag aangebracht wordt van waarschijnlijk klasse 2 (tot 16 m - NAP).

periode	debiet m ³ /d	tot. m ³	stik- stof Kj-N	mg/l NO ₃	olie mg/kg	zware meta- len µg/l	PAK's µg/l	PCB's µg/l
1-8	1306,88	3.816 milj.	65	65	7,2-9,6	19,76- 142,42	0,09782- 1,9563	0,003- 0,07
8-13	539,32	984.250						
13-20	110,41	282.100						
20-40	16,99	124.000						

¹: Bij het uitkomen van het werkdokument is de aanvraag voor de Amerikahaven ingetrokken, aangezien er bij peilingen was gebleken dat er meer bergingscapaciteit aanwezig is dan was aangevraagd. Dit betekent dat de debieten en totaalvrachten zullen veranderen.

Tabel 19. vrachten van somparameters.

periode	debiet m ³ /d	tot. m ³	vracht N, ton	vracht olie, ton	zw.metalen, kg	PAK's, kg	PCB's, g
0-8	1306,88	3.816 milj.	496.08	27,48-36,63	75,40-543,48	0,373-7,47	11,45-267,12
8-13	539,32	984.250	127.96	7,09-9,45	19,45-140,18	0,0963-1,93	2,953-68,90
13-20	110,41	282.100	36.68	2,03-2,71	5,57-40,18	0,0276-0,552	0,846-19,75
20-40	16,99	124.000	16.12	0,893-1,19	2,45-17,66	0,0121-0,243	0,372-8,68

De geloosde vrachten zijn voor de stikstof en zwevende stof goed te berekenen, aangezien hier informatie aanwezig is.

Voor zware metalen, PAK's en PCB's zijn de gegevens onvolledig. Voor een vergelijk van de verschillende depots zullen bekende parameters worden gekozen nml. Cadmium, benz(a)pyreen en PCB 153.

Tabel 20. vrachtberekeningen.

Depot Amerikahaven. capaciteit: 2.3 miljoen m³ (63% ds). Debiet retourwater 4.22 miljoen m³ (consolidatiedebiet van reeds gestorte specie in mindering gebracht)					
Parameter	geborgten vracht		geloosde vracht		geloosde vracht/ in situ m ³ .
	mg/kg	kg	µg/l	kg	
cadmium	2.9	4000	0.22	0.93	0.40
benzo(a)pyreen	1.168	1600	0.0022	0.009	0.004
PCB 153	0.03	41.4	0.01	0.042	0.018
zwevende stof			0.1% verlies	1449 ton	0.63 kg
stikstof	2900	4200 ton	80 mg	677 ton	0.29 kg

De uitleveringsfactor als hoeveelheid geloosd retourwater per in situ m³ baggerspecie is voor het depot Amerikahaven is 1.8. Hierbij is het verwachte consolidatiedebiet uit de reeds gestorte specie van het totale debiet afgetrokken.

Mogelijkheden tot beperking van de vracht verontreinigingen.

In de Amerikahaven zullen, omdat het uitgeperste sedimentatie- en consolidatiewater niet opgevangen kan worden, mogelijk eisen gesteld worden aan de baggerspecie die in deze depots zal worden opgeslagen. Alleen specie die een kwaliteit lager dan de acceptatie-criteria heeft, mag worden geborgen. De criteria kunnen gebaseerd zijn op de kwaliteit van het uitgeperste poriewater. Deze mag een vooraf vastgestelde kwaliteit (b.v. de grenswaarde uit de ENW) hebben. Deze poriewaterkwaliteit kan theoretisch omgerekend worden naar

een baggerspeciekwaliteit. Theoretisch is het dan echter mogelijk dat baggerspecie die de BAGA-grens overschrijdt, geborgen mag worden.

Verder zullen stoffen die een zeer hoge K_{ow} waarde (dus lage poriewaterconcentraties) hebben, aanleiding geven tot zeer hoge acceptatiegrenzen. Doordat er ook verspreiding van zwevende stof door de stortactiviteiten kan plaatsvinden lijkt een inperking van de acceptatiecriteria noodzakelijk.

Het lijkt daarom noodzakelijk om naast de acceptatiecriteria op basis van het uitgetreden poriewater, ook absolute grenzen in de vergunning op te nemen. Een overschrijding van het BAGA is daarom niet toegestaan. Verder lijkt een maximale overschrijding van de interventiewaarde uit het ENW als beperking van de te storten baggerspecie noodzakelijk. Per geval kan echter, na melding, een ontheffing worden gegeven, indien aan zeer specifieke stortcriteria en bergingscondities wordt voldaan. Dit kan bijvoorbeeld betekenen dat specie alleen met storkoker (en mogelijk diffusor voor specie met lage dichtheid) gestort mag worden en direct (na een eerste consolidatie) afgedekt dient te worden. Het lijkt verder zinvol baggerspecie, danwel grond, te weigeren wanneer deze stoffen bevat die bij het storten in het depot direct vrijkomen, gedacht kan worden aan BTEX, lichte oliesoorten etc.

Verder dienen oprijvende stoffen uit de baggerspecie zich niet te kunnen verspreiden en dienen uit het watersysteem verwijderd te worden.

Het is verder noodzakelijk om in de vergunning een acceptatieprocedure te vermelden met de daarvoor aan te leveren noodzakelijke gegevens.

Mogelijkheden tot het uitwisselen van specie tussen Amerikahaven en Averijhaven kunnen aanwezig zijn. Het meer vervuilde materiaal dat niet gestort kan worden in de Amerikahaven zal worden gestort in de Averijhaven, en schoner materiaal wat voldoet aan de acceptatiecriteria kan in de Amerikahaven gestort worden. Voor het zoutprobleem hoeft niet gevreesd te worden aangezien er een zoutstratificatie in de Amerikahaven aanwezig is.

Bijlage 8. Vergelijking depots op basis van geloosde vrachten.

Voor een vergelijking van omdijkte en niet omdijkte depots kan er vergelijking gemaakt worden tussen de geloosde, danwel vrijkomende, vrachten uit de baggerspecie.

Op basis van deze vergelijking is mogelijk het verschil in het bergen in een open en gesloten depot aan te geven.

Bij de vergelijking zijn de perioden waarover de lozing plaatsvindt gelijkgehouden.

Verder wordt in de verschillende depots verondersteld dat er dezelfde kwaliteit specie is geborgen. Bij de berekingen is uitgegaan van de samenstelling van Ketelmeer specie.

Dit betekent echter ook dat de geloosde concentraties microverontreinigingen betrekking hebben op de situatie in het Ketelmeerdepot. De geloosde vrachten hebben dus betrekking op de opgeloste en aan zwevende stof gebonden verontreinigingen. Dit geldt voor alle omdijkte depots.

Bij de Amerikahaven ligt de uitgangssituatie anders door de aard van de stortplaats.

De hoeveelheid opgeloste verontreiniging wordt in het MER apart berekend van de aan zwevende stof gebonden verontreiniging. De hoeveelheid zwevende stof wordt hier nml. niet bepaald door het depotmanagement maar door de wijze van storten. Door nu het totaalgehalte opgelost en gebonden verontreiniging aan te nemen wordt er een overschatting gemaakt van de vrijgekomen hoeveelheid verontreiniging.

Voor een vergelijk is eveneens Ketelmeersediment gestort in de Amerikahaven (zie Amerikahaven[@]) waarbij de hoeveelheid opgeloste en gebonden verontreinigingen apart zijn berekend volgens de methode die ook bij Amerikahaven^{*} is gehanteerd.

De informatie over de verschillende lozingen zijn gedistilleerd uit de verschillende Milieu Effect rapportages. Wanneer gegevens ontbraken is gebruik gemaakt van gegevens uit vergelijkbare situaties danwel zijn de getallen aangenomen.

Verder is voor de Amerikahaven een variant uitgewerkt waarin alleen baggerspecie gestort wordt die voldoet aan de interventiewaarde voor de organische micro's en de zware metalen (Amerikahaven^{*}). Eveneens is het referentie ontwerp doorgerekend.

Tabel. Vergelijking depots op basis van geloosde vracht per geborgen vracht. (* 10⁻⁶)

Vracht/geborgen vracht	Amerika-haven	Amerika-haven [*]	Amerikaha-ven [@]	Hollands Diep	Ketelmeer	Averij-haven	Referentie depot
Cd	517	110	109	571	508	623	486
BaP	1100	400	391	1209	1075	1311	1029
PCB 153	656	182.2	167	720	633	792	608
SS	69.2	69.2	69.2	76.4	424	1669	183.7
Stikstof (* 10 ⁶)	0.1	0.1	0.1	0.04	0.094	0.42	0.046

Beoordeling.

De vrachten uit de Amerikahaven verschillen nagenoeg niets met de omdijkte depots wanneer het "omdijkt scenario" wordt gevolgd. Echter in de Amerikahaven wordt met een hoge dichtheid van de specie gestort, hierbij treedt weinig consolidatiewater uit en treedt weinig vertroebeling op. Verder hebben weersinvloeden geen effect op het zwevende stofgehalte.

In de tabel zijn daarom Amerikahaven[@] en Amerikahaven['] meegenomen. Hier zijn de vrachten specifiek voor die situatie berekend.

De hoge verhouding van het zwevende stof in de tabel voor de Averijhaven wordt voor een groot deel veroorzaakt door de hoge zwevende stofgehalten in het retourwater. Dit is deels te verklaren uit het feit dat de Averijhaven alleen een bovenwaterfase kent en deels uit het feit dat de maximale waarden (dus een worst-case situatie) zijn gebruikt.

De lozingen van stikstof uit de verschillende depots laten een verspreid beeld zien, dit wordt veroorzaakt door een aantal facetten; bij de lozing uit de Amerikahaven is geen rekening gehouden met het verdwijnen van stikstof (denitrificatie) bij de andere depots is hier wel rekening meegehouden omdat in deze depots een bepaalde verblijftijd in het depot een bepaalde graad van denitrificatie bewerkstelligd.

Bij de Averijhaven zijn de gehalten in het retourwater zeer hoog (Dit zijn maximale waarden, een worst-case situatie) en is de verblijftijd van het retourwater t.o.v. van de andere depots relatief kort en vindt er nagenoeg geen denitrificatie plaats.

Conclusies.

Uit de tabel kan worden dat de vrachten aan verontreinigingen, uitgezonderd stikstof, uit de omdijkte depots groter zijn dan uit de niet omdijkte depots.

Hierbij moet worden aangetekend dat de vracht uit de omdijkte depots betrekking heeft op ongezuiverde lozingen.

Bij de omdijkte depots zal zuivering van het retourwater leiden tot een verlaging van de geloosde vracht. Deze gereduceerde vracht komt, afhankelijk van de te stellen eisen, waarschijnlijk lager uit dan de vracht die uit open depots komt.

Bij open depots blijkt verder dat de verhouding geloosde vracht/ geborgen vracht nagenoeg gelijk blijft, dit betekent dat de geloosde vracht toeneemt bij hogere geborgen vrachten.

De enige mogelijkheid om de geloosde vrachten uit een open depot te beperken is daarom het stellen van acceptatiecriteria.

Dit betekent, mede doordat in de nabije toekomst de water- en waterbodemkwaliteit zal verbeteren, dat specie die in open depots geborgen mag worden niet zwaarder verontreinigd mag zijn dan de interventiewaarde.

Dus mede op basis van de verontreinigingsgraad van de specie dienen maatregelen getroffen te worden om de verspreiding van verontreinigingen zoveel mogelijk te voorkomen.

Dit betekent bij een omdijkt depot het stellen van lozingseisen aan het zwevende stof, en bij een niet omdijkt depot het verplicht stellen van bepaalde storttechnieken en acceptatiecriteria voor de baggerspecie.

Vervolgens dient het secundair probleem stikstof te worden beoordeeld.

Stikstof komt van nature voor in de waterbodems. De verontreinigingsgraad van de waterbodem is hierbij niet van belang. Wel is de hoeveelheid afbreekbaar organische stof van belang. In zandige sedimenten is de poriewaterconcentratie van ammoniumstikstof ± 35 mg/l. In zeer slibbige sedimenten kan de poriewaterconcentratie oplopen tot 250 mg ammonium-N/l. Dit betekent dat bij de berging van baggerspecie onafhankelijk van de verontreinigingsgraad van de baggerspecie stikstof zal vrijkomen.

In het omdijkte depot door de lozing van het retourwater, in niet omdijkte depots als gevolg van de consolidatieflux.

De vrachten uit de verschillende depots verschillen weinig voor wat de stikstof flux betreft. Echter in omdijkte depots ontstaat door het vullen van het depot, aan het einde van de vulperiode, een situatie waarin hoge ammoniumconcentraties (60 tot 100 mg ammonium-N/l) kunnen optreden. Het insitu zuiveren van deze concentraties lijkt mogelijk te zijn.

