

Opdrachtgever:

POSW-RIZA

Een algemene analyse methodiek voor het
opstellen van een meetprogramma voor een
saneringsbaggerwerk

Ontwikkeld aan de hand van de pilot sanering van de haven van Elburg

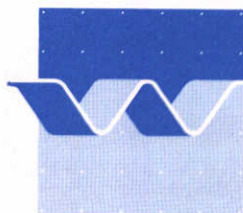
Oktober 1993

	bibliotheek postbus 177 - 2600 MH Delft waterloopkundig laboratorium/WL
BB	
WL	
EXPL	 R0001716

Een algemene analyse methodiek voor het opstellen van een meetprogramma voor een saneringsbaggerwerk

Ontwikkeld aan de hand van de pilot sanering van de haven van Elburg

H. Goossens



waterloopkundig laboratorium | WL

Inhoud

1	Samenvatting	1 — 1
2	Inleiding	2 — 2
3	Werkwijze	3 — 1
4	De Elburg case	4 — 1
4.1	Probleemstelling	4 — 1
4.2	Identificatie van de huidige situatie	4 — 1
4.2.1	Beschrijving algemene aspecten van de huidige situatie	4 — 1
4.2.2	Navigatieprobleem	4 — 4
4.2.3	Vervuilingsprobleem	4 — 7
4.2.4	Opdoen van ervaring	4 — 11
4.3	Omschrijving van de gewenste eindsituatie	4 — 11
4.3.1	Navigatieprobleem	4 — 11
4.3.2	PAK probleem	4 — 12
4.3.3	Het opdoen van ervaring	4 — 15
4.4	Vaststelling van de aan te brengen veranderingen en de mogelijke methoden	4 — 16
4.4.1	Navigatie probleem	4 — 16
4.4.2	Het PAK-probleem	4 — 18
4.5	Inventarisatie van mogelijke effecten ter plaatse en in de omgeving	4 — 25
4.6	Vaststellen van toelaatbaarheid van veranderingen	4 — 27
4.7	Opstellen van controleerbare criteria	4 — 29
4.8	Baggerplan	4 — 36
4.9	Meetprogramma	4 — 37

5	Evaluatie	5 – 1
6	Literatuur	6 – 1
	Appendix A	A – 1

1 Samenvatting

Het doel van deze studie was tweeledig: Het opstellen van een meetprogramma voor de pilot sanering van de haven van Elburg en het ontwikkelen van een algemene methodiek voor het opstellen van een meetprogramma voor een saneringsbaggerwerk. Uitdrukkelijk werd het begrip monitoring onderscheiden in een "meetprogramma" en "monitoringanalyse", omdat het begrip monitoring teveel de betekenis van "meten tijdens uitvoering" heeft. De inhoud van een meetprogramma omvat ook de metingen vooraf en achteraf. Bovendien is er voor het opstellen van een meetprogramma ook informatie nodig die niet met metingen wordt verkregen.

De algemene methodiek werd ontwikkeld door het uitvoeren van een algemene analyse waarbij Elburg als "case" werd gebruikt. Vanwege de grote complexiteit van de problematiek werd een formele aanpak vastgesteld, waarin de analyse werd verdeeld in 9 fasen.

De indeling is gebaseerd op de volgorde waarin informatie moet worden verwerkt om tot duidelijkheid te komen over de weg van probleem tot oplossing. Deze indeling komt niet overeen met de fasen van uitvoering van een saneringswerk. De onderscheiden fasen zijn:

1. Probleemstelling.
2. Beschrijving van de huidige situatie.
3. Beschrijving van de gewenste eindsituatie.
4. Vaststelling van wat moet veranderen om de gewenste eindsituatie te bereiken en de daarvoor bruikbare methoden.
5. Inventarisatie van mogelijke effecten van de veranderingen, ter plaatse en in de omgeving.
6. Vaststellen wanneer veranderingen nog toelaatbaar zijn.
7. Opstellen van criteria voor de controle.
8. Opstellen baggerplan.
9. Opstellen meetprogramma.

Binnen de fasen 2 tot en met 4 van de analyse wordt een vijftal taken in vaste volgorde uitgevoerd. Als hulpmiddel zijn enkele lijsten met belangrijke aspecten van (sanerings)baggerwerken opgesteld. De laatste taak van elke fase is het samenvatten van de resultaten van de analyse-fase in de vorm van conclusies.

In fase 5 tot en met 9 wordt steeds verder geconcretiseerd op welke wijze het project zal worden uitgevoerd.

De hoofdpunten van de analyse kunnen worden samengevat in de volgende tabel:

Fase	Toelichting	Taken
1. Probleemstelling baggerproject	- nautisch - sanering - nieuw werk - mijnen	beschrijving reden(en) baggerwerk
2. Beschrijving huidige situatie	- type watersysteem, inrichting en aansluitingen naar omgeving - functioneren in fysische, chemische en biologische zin - gebruik en functies van systeem	- verzamelen relevante gegevens - evaluatie van gegevens - aangeven ontbrekende gegevens - situatieschets - aangeven knel-/aandachtspunten in huidige situatie m.b.t. baggerproject
3. Beschrijving gewenste situatie (doelstelling)	- diepte- en bodemprofiel - verontreinigingsniveau bodem - sedimentsamenstelling - toxiciteit	- opstellen specificaties voor nieuwe situatie m.b.t. punten bij toelichting en m.b.t. toetsgrootheden van fase 2
4. Aan te brengen veranderingen om doelstelling te bereiken en mogelijke methoden	- verwijdering - behandeling - omgaan met obstakels en probleempunten (grof vuil, bronnen, etc) - mogelijke (bagger-) methoden	- definiëren benodigde acties - aangeven geschikte (bagger)technieken - aangeven consequenties van acties (bv. hoeveelheid specie, berging, transport, etc.
5. Mogelijke (neven)effecten	- per actie uit fase 4 kijken welke gevolgen kunnen optreden	- inventariseren van consequenties ter plaatse en in de omgeving of op termijn
6. Vaststellen toelaatbaarheid van veranderingen	- vaststellen van criteria / grenzen voor: * opleveringseisen * mogelijke effecten	- vaststellen van toetsgrootheden, zo mogelijk op het niveau van meetbare parameters. - vaststellen van waarden waaraan toetsgrootheden moeten voldoen
7. Opstellen controleerbare criteria	- vaststellen op welke manier de toetsingsgrootheden worden gecontroleerd die niet op parameterniveau zijn gedefinieerd	- kiezen van parameters om toetsingsgrootheden te benaderen - vaststellen van waarden waaraan parameters moeten voldoen

8. Opstellen baggerplan	- vaststellen van consequenties van analyse voor de uitvoering van het werk, bv. aantal baggerslagen, tijdstip van uitvoering, te gebruiken materieel, etc	- inventariseren met welke consequenties rekening moet worden gehouden - vertalen van deze consequenties naar voorschriften voor de uitvoering
9. Opstellen meetprogramma	- vaststellen van te meten zaken, vooraf, tijdens en na het werk, (parameters, frequentie, plaats)	- selectie meetparameters - opstellen monsternameprogramma (plaats en tijd) - ontwerp waarnemingsformulieren

Met deze formalisering ontstaat een structuur die voldoende vrijheid biedt om de analyse uit te voeren voor concrete projecten, met gebiedsspecifieke informatie en op een door de gebruiker vast te stellen niveau.

De analyse is uitgevoerd met de pilotsanering van de haven van Elburg als "case". Het voornaamste probleem in Elburg is de vervuiling met Poly Aromatische Koolwaterstoffen. Als resultaat is een meetprogramma voor het Elburgproject opgesteld. In dit programma zijn de te meten parameters aangegeven terwijl uit de analyse duidelijk wordt waarom deze parameters moeten worden gemeten.

Voor de milieuchemische meting is aangegeven hoe deze kan worden opgezet. Dit programma kan verder worden geconcretiseerd wanneer het baggerplan beschikbaar is. Pas in dat stadium kan verder worden aangegeven waar, wanneer en hoe, de monsters moeten worden genomen.

De drie functies van het uitvoeren van metingen, nl. informatievoorziening, sturing tijdens de uitvoering van de baggeractiviteiten en controle van de resultaten, blijken maar ten dele te kunnen worden ingevuld. Met name het ontbreken van on-line meetmogelijkheden van o.a. vervuilende stoffen en verliesfracties, zoals mors, maken het onmogelijk de sturingsfunctie te vervullen. Ook is er nog weinig ervaring hoe belangrijke processen als desorptie, adsorptie en verspreiding van opgeloste verbindingen moeten worden gemeten. Het meetprogramma dat is opgesteld heeft daarom een belangrijke functie voor het voorzien in informatie over het gedrag van verontreinigende stoffen tijdens baggeren. Met de resultaten van deze metingen kan voor toekomstige saneringsprojecten beter worden bepaald welke maatregelen moeten worden getroffen en hoe de metingen moeten worden ingericht. Om beter inzicht te krijgen in de samenhang tussen (niet kwantificeerbare) verliesfracties en resulterende bodemkwaliteit werd een formule afgeleid gebaseerd op vooraf meetbare parameters. Deze samenhang werd in een drietal grafieken in beeld gebracht. Daaruit blijkt dat onder condities die bij een saneringsproject te verwachten zijn, normaal gesproken, een opschoonslag noodzakelijk is om een bodem op te leveren die voldoet aan landelijke normen.

Uit de analyse zijn een aantal witte vlekken naar voren gekomen die richting kunnen geven aan vervolg onderzoek. Het gaat hier met name om kwantificering van de verliesfracties, de benodigde nauwkeurigheid van metingen in samenhang met de mogelijke nauwkeurigheid van de baggertechniek, de toxiciteit van vervuiling tijdens baggeren en de eisen die aan de uitvoering kunnen worden gesteld.

2 Inleiding

In dit rapport wordt een studie beschreven waarin een meetprogramma wordt opgesteld voor de pilotsanering van de haven van Elburg. Tegelijkertijd heeft dit onderzoek gediend om een algemene werkwijze te ontwikkelen voor het opstellen van een meetprogramma voor een saneringsbaggerproject.

Het gaat dus niet alleen om "Elburg", maar ook om een bredere ondersteuning van de milieubegeleiding van (sanerings) baggerwerken. Daarmee bouwt deze studie voort op een aantal projecten die in het kader van de Project Groep-Milieu Effecten Baggeren (PG-MEB) van de Combinatie Speurwerk Baggertechniek (CSB) zijn uitgevoerd (Goossens 1991, 1992; Goossens en Zwolsman 1993; Zwolsman en Goossens 1993).

Deze projecten betreffen een algemene procedure om potentiële effecten van baggeractiviteiten te identificeren en nadere analyses van het gedrag van zware metalen en organische microverontreinigingen en de daarmee verbonden risico's tijdens baggerwerken.

Een belangrijk doel is om wetenschappelijke inzichten op milieugebied in de praktijk te laten bijdragen aan een optimale uitvoering van baggerwerken. Een van de middelen om dit doel te bereiken is het doen van "baggerbegeleiding", d.w.z. het betrekken van de kennis op milieugebied bij het ontwerp, de uitvoering en de evaluatie van concrete baggerwerken.

Vanuit PG-MEB en POSW is nu een studie gedaan naar "monitoring". Hierbij moet onderscheid gemaakt worden tussen het eigenlijke meten en de analyse die nodig is om vast te stellen wat er gemeten moet worden. Daarbij speelt ook een rol wat het doel is van de metingen. Metingen worden gedaan om drie redenen:

1. Het verkrijgen van de benodigde informatie, zowel vooraf als tijdens en na het baggerwerk; bij saneringsbaggerwerken is bijvoorbeeld informatie nodig voor een inschatting van de risico's voor het milieu.
2. Sturing van het baggerproces, dat wil zeggen metingen die verricht worden om de uitvoering van het werk te sturen in de richting van de gestelde doelen (bijvoorbeeld met betrekking tot diepte).
3. Controle van het resultaat van het baggerproces met betrekking tot de gestelde doelen.

Metingen moeten dus zowel vóór als tijdens en ná de baggerwerken plaatsvinden. De analyse die nodig is om het meetprogramma op te stellen beslaat dus, in theorie, de hele baggerketen, van oriënterend onderzoek tot en met de verwerking van de specie. Om praktische redenen zal dit brede terrein echter moeten worden ingeperkt.

In de eerste fase van het "monitoring" project werd al duidelijk dat een meetprogramma niet middels een "kant en klaar recept" kan worden opgesteld. Vele aspecten worden bepaald door de aspecten van het concrete baggerproject en de eigenschappen van het (water)systeem waarin het project zal worden uitgevoerd. Toch heeft het opstellen van een meetprogramma ook zijn algemene kanten die in elk project terug komen.

Belangrijk is dus het vinden van een goede, algemene manier om een meetprogramma op te stellen met behulp van informatie van de specifieke lokatie.

Er wordt een analyse uitgevoerd van het hele uit te voeren baggerproject. Deze analyse moet achterhalen wat de belangrijke aspecten zijn in de gegeven situatie. Hieruit wordt het meetprogramma afgeleid. Het meetprogramma bevat de parameters die gemeten moeten worden alsmede aanwijzingen voor de uitvoering van de metingen. Het meetprogramma kan parameters bevatten die vóór, tijdens of na het uitvoeren van het werk moeten worden gemeten. Het meetprogramma bevat dus niet alleen parameters die tijdens de baggerwerken gemeten moet worden. Het kan ook parameters bevatten die in het nader onderzoek of bij het saneringsonderzoek moeten worden gemeten.

De algemene monitoring-analyse die in deze studie is ontwikkeld, is opgesteld aan de hand van het maken van een meetprogramma voor de pilot sanering van Elburg. Elburg dient dus als "case".

Om een en ander duidelijk te houden is zoveel mogelijk een scheiding gemaakt tussen de Elburg case en de algemene werkwijze. Toch komt in de "Elburg-case" het formele karakter van zo'n algemene analyse duidelijk naar voren, met name in de structuur van de analyse. Het algemene gedeelte bestaat uit de aspecten van de verschillende fasen die in de Elburg case naar voren zijn gekomen aangevuld met aspecten die in andere "cases" een rol kunnen spelen. Dit algemene gedeelte pretendeert geen volledigheid. Aan de hand van het uitvoeren van monitoring-analyses van andere "cases" kan het algemene gedeelte worden uitgebreid.

3 Werkwijze

In dit hoofdstuk wordt de ontwikkelde werkwijze uitgelegd voor het doen van een monitoring analyse. Het uiteindelijk doel van zo'n analyse is het opstellen van een meetprogramma. Het uitgangspunt daarbij is het project. Geredeneerd vanuit de probleemstelling van het project wordt vastgesteld wat in het project belangrijk is en welke informatie daarvoor moet worden verkregen. Vervolgens wordt vastgesteld *hoe* deze informatie het beste kan worden verkregen. Tenslotte wordt bepaald waar en wanneer de metingen moeten worden verricht. Of dat door de opdrachtgever of door de aannemer wordt gedaan, is voor deze werkwijze niet interessant. Deze analyse stelt slechts vast dat iets gemeten moet worden, en, indien mogelijk, waar en wanneer. Voor sommige te meten parameters ligt het voor de hand dat de metingen door de aannemer worden verricht (vooral parameters die te maken hebben met de sturing van het baggerproces), voor andere is het duidelijk dat de opdrachtgever zal meten (vooral de controle metingen). Het kan ook van de specifieke projectsituatie afhangen of de metingen door opdrachtgever of opdrachtnemer moeten worden verricht. In deze analyse staat het project centraal en wordt slechts bepaald welke metingen nodig zijn. De praktische uitvoering wordt aan de opdrachtgever overgelaten.

Het saneringsproces bestaat, in de tijd, uit de volgende fasen, die volgen op het constateren van een (mogelijk) probleem:

- Uitvoeren van onderzoeken;
- Opstellen Bestek;
- Maken baggerplan;
- Uitvoeren sanering;
- Oplevering;
- Nazorg.

In al deze fasen is informatie nodig die deels door metingen moet worden verkregen. Voor het vaststellen van de te meten parameters moet echter duidelijk zijn wat in het concrete project belangrijk is. Dat hangt af van verschillende zaken, zoals:

- de probleemstelling van het project (bijvoorbeeld vervuiling of navigatie)
- de eigenschappen van het systeem waarin gebaggerd wordt, (bijv. getij of stilstaand,; zout of zoet, etc.);
- de inzetbare baggertechnieken (ivm. ruimte, obstakels, etc);
- de met sanering te bereiken nieuwe situatie.

Deze zaken zijn niet onafhankelijk van elkaar. Ze vormen een complex geheel met veel onderlinge afhankelijkheden. Om dit complexe geheel te ontwarren wordt het project in een aantal fasen geanalyseerd. Door deze vrij strakke fasering ontstaat bij iedere stap duidelijkheid over de verschillende aspecten. Deze duidelijkheid leidt tot een vereenvoudiging van de volgende fase. Op deze wijze wordt de complexiteit zoveel mogelijk gereduceerd. Tevens wordt alleen relevante informatie verzameld en gebruikt.

In voorbereidende discussies in de Project Groep Milieu Effecten Baggeren (PG-MEB) zijn de fasen geformuleerd die in zo'n analyse doorlopen moeten worden. De volgorde van deze fasen wordt bepaald door de informatie die nodig is om verder te komen, bijvoorbeeld: voordat je kunt bepalen welke informatie over de huidige toestand relevant is voor het project (fase 2), moet je weten wat het probleem precies is dat moet worden opgelost (fase 1).

De volgorde van de fasen in de analyse wordt dus bepaald door de volgorde waarin de informatie verwerkt moet worden.

Deze volgorde komt maar gedeeltelijk overeen met de (tijds-)volgorde waarin voorbereiding en uitvoering van het werk plaatsvindt. In de monitoring analyse komt pas in fasen 8 en 9 de koppeling tot stand met de projectuitvoering. Pas dan wordt bepaald hoe en wanneer de resultaten van de monitoring analyse in de feitelijke uitvoering van het werk worden opgenomen. Het concrete meetprogramma ontstaat dus pas helemaal aan het eind van de monitoring analyse.

De fasen van een monitoring analyse zijn:

1. Probleemstelling;
2. Beschrijving van de huidige situatie;
3. Beschrijving van de gewenste eindsituatie (doelstellingen);
4. Vaststelling van wat moet veranderen om de gestelde doelen te bereiken en de daarvoor bruikbare methoden;
5. Inventarisatie van mogelijke effecten van de veranderingen, ter plaatse en in de omgeving;
6. Vaststellen of (en wanneer) veranderingen nog toelaatbaar zijn;
7. Opstellen van criteria voor de controle;
8. Opstellen baggerplan;
9. Opstellen meetprogramma.

In fasen 1 tot en met 6 wordt stapsgewijs het hele project geanalyseerd. Daarmee ontstaat een goed inzicht in wat in het concrete project belangrijk is. Daaruit volgt logischerwijze wat er aan metingen nodig is om aan de drie doelen van metingen te voldoen, nl:

- informatie voor voorbereiding van het project;
- informatie voor sturing van het baggerproces;
- controle van het resultaat.

In fase 1 wordt bekeken wat de probleemstelling van het project is. Vaak zijn er meerdere problemen. Deze probleemstelling is belangrijk om in een later stadium beslissingen te kunnen nemen. Wanneer bijvoorbeeld een baggerproject puur als nautisch baggerproject wordt uitgevoerd zullen er andere grenzen aan vertroebeling kunnen worden gesteld dan bij een saneringsproject. Vaak ook zullen verschillende aspecten van de problemen verschillende eisen stellen. De probleemstelling van het project is dus van belang.

In fase 2 wordt de huidige toestand van het systeem geanalyseerd. Hierin komen eigenschappen van het systeem naar voren die belangrijk zijn in het licht van de probleemstelling. Daarnaast is een aantal algemene eigenschappen van watersystemen van belang, onafhankelijk van de probleemstelling.

In fase 3 wordt bekeken welke situatie moet worden bereikt (de doelstellingen). Dit kan eenvoudig een nieuwe vaardiepte zijn, maar ook bijvoorbeeld een bepaald type levensgemeenschap in een natuurbouw project. Deze analyse wordt beperkt tot de aspecten die min of meer direct met baggeren te maken hebben, bijvoorbeeld de te bereiken bodemkwaliteit in het geval van natuurbouw.

Fase 4 moet duidelijkheid brengen met welke maatregelen die gewenste toestand te bereiken valt. Dit hangt direct samen met de mogelijke en/of beschikbare methoden. Niet alle wensen zijn technisch haalbaar. In deze fase wordt duidelijk op welke manier het werk aangepakt kan worden.

Vervolgens wordt in fase 5 bekeken wat de consequenties daarvan zijn. Het kan zijn dat een veelbelovende aanpak toch te veel effecten met zich mee brengt en daarom minder geschikt is.

Een beslissing over het wel of niet inzetten van een bepaalde techniek kan pas worden genomen als duidelijk is welke effecten acceptabel zijn. Deze afweging vindt plaats in fase 6. Na deze afweging kan worden besloten hoe het project wordt uitgevoerd en aan welke eisen het resultaat van het project moet voldoen. In deze fase kan bijvoorbeeld worden vastgesteld dat in een (hypothetisch) saneringsproject een zekere restvervuiling acceptabel is om bepaalde redenen.

De in fase 6 afgeleide eisen aan de oplevering worden in fase 7 vertaald naar concrete, controleerbare criteria, bijvoorbeeld een voorgeschreven bodem profiel, maximale concentraties van de vervuilende stoffen, etc.

Met behulp van de resultaten van deze analyse kan worden vastgesteld hoe het werk het beste kan worden uitgevoerd (baggerplan).

Vervolgens kan het meetprogramma worden ontworpen (fase 9), waarin concreet de parameters zijn opgenomen die moeten worden gemeten, voorzien van aanwijzingen met betrekking tot tijdstip, frequentie, plaats, etc.

In iedere fase wordt een min of meer formele werkwijze gehanteerd, als ondersteuning van de analyse. De volgende taken zijn onderscheiden:

1. Bepalen aspecten voor de fase.
2. Vaststellen informatiebehoefte en analyse van de beschikbare informatie.
3. Analyse van de verschillende aspecten wat betreft oorzaken en mogelijke gevolgen.
4. Voor de verschillende aspecten vaststellen wat de belangrijke voorwaarden en consequenties zijn. Deze zijn vooral gericht op inhoud en uitvoering van het meetprogramma.
5. Opstellen conclusies van de fase. Daarmee ontstaat tevens een korte samenvatting van de resultaten van de fase.

- ad 1. Eerst wordt bepaald welke aspecten van belang zijn binnen de betrokken fase. Als hulpmiddel hierbij zijn enkele lijsten met aspecten opgenomen in appendix A. In enkele fasen is als tweede hulpmiddel een matrix gebruikt, waarin de aspecten worden onderverdeeld. Hierin wordt een onderscheid gemaakt in statische en dynamische aspecten enerzijds en in fysische, macrochemische, microchemische en biologische aspecten, anderzijds.

- ad 2. Aan de hand van het aspecten overzicht wordt de beschikbare informatie geanalyseerd:
- aanwezig,
 - voldoende, waaronder ook nauwkeurigheid wordt bekeken,
 - benodigde actie(s).
- ad 3. De derde taak vereist enige uitleg. Het kan zijn dat een aspect niet op zichzelf staat maar samenhangt met andere aspecten. In taak 3 wordt gekeken naar de plaats van elk aspect in een oorzaak-gevolg keten:
- oorzaken van het aspect: waardoor wordt dit aspect beïnvloed;
 - gevolgen van het aspect: waarop oefent dit aspect invloed uit.
- Wanneer bijvoorbeeld in de fase "beschrijving huidige situatie" wordt geconstateerd dat de bodem vervuild is met PAKs, dan is het zinvol om de bronnen na te gaan en te kijken of er gevolgen zijn. De bronnen bepalen de kwaliteit van de bodem na het baggeren. Mogelijk moeten de bronnen gemeten worden om vast te kunnen stellen welke nieuwe bodemkwaliteit haalbaar is. De effecten zijn belangrijk voor het bepalen van het milieurendement van de operatie.
- In deze fase wordt dus bekeken welke plaats een aspect inneemt in het geheel van oorzaak en gevolg. Daarmee wordt duidelijk aan welke voorwaarden moet worden voldaan en welke consequenties met een aspect kunnen samenhangen.
- ad 4. De in taak 3 afgeleide voorwaarden en consequenties die van belang zijn voor het project worden in dit onderdeel vastgelegd, waarbij de nadruk ligt op de consequenties voor het meetprogramma.
- ad 5. In taak 5 worden de resultaten samengevat in de vorm van conclusies, met de nadruk op zaken die verband houden met het meetprogramma.

Niet voor iedere fase in de analyse zijn al deze taken van belang. Per fase worden alleen die taken uitgevoerd die van belang zijn.

In deze benadering wordt het hele project in kleine stukjes doorgenomen. Soms is het niet eenvoudig vast te stellen in welke fase een aspect het beste kan worden behandeld om de analyse soepel en logisch te laten verlopen. Voor het eindresultaat, het meetprogramma, is de fase waarin een bepaald aspect aan de orde komt meestal niet essentieel.

De analyse methode is toegepast voor de "Elburg case". Dat betekent dat in het volgende hoofdstuk alleen de zaken aan de orde komen die voor "Elburg" relevant zijn. De "veralgemenisering" van Elburg komt tot uitdrukking in de aspecten lijsten in appendix A. en in de bovenbeschreven aanpak. Deze is algemeen en ook bruikbaar voor andere projecten. Bovendien wordt in de discussie aandacht besteed aan de waarde van de bovenbeschreven methode als algemene werkwijze.

4 De Elburg case

De POSW heeft voorgesteld de methodiek voor het opstellen van een meetprogramma te ontwikkelen door de pilot sanering van de haven van Elburg als "case" te nemen. Daardoor kon de methodiek worden ontwikkeld met gegevens van een concreet project.

De gebruikte gegevens komen uit het Nader Onderzoek Haven te Elburg (Anonymus 1991) en het Saneringsonderzoek waterbodembodem Haven te Elburg (Anonymus 1993). Wanneer gegevens uit deze rapporten zijn gebruikt is dat niet in de tekst vermeld.

Naast deze rapporten is gebruik gemaakt van algemenere literatuur. Deze referenties zijn in de tekst vermeld.

4.1 Probleemstelling

De voorgenomen sanering van de haven van Elburg dient verschillende doelen:

1. Oplossen navigatieprobleem;
2. Saneren van de vervuiling van het sediment;
3. Het opdoen van ervaring met een saneringswerk op pilot scale.

Tegen deze achtergronden vindt de analyse plaats. Tevens worden hieraan de criteria ontleend waarmee het verloop van het project en de resultaten gevolgd en beoordeeld worden.

Het opdoen van ervaring wordt hier als een aparte probleemstelling genoemd maar heeft toch een ander karakter dan de andere twee probleemstellingen.

Het gaat hier om het signaleren van de ervaringsaspecten die aan de orde zijn. Sommige metingen zijn vooral belangrijk om ervaring op te doen met het verloop van het saneringsproces. De reden van die metingen is dan meer het opdoen van ervaring of het verkrijgen van inzicht dan het sturen of controleren van het werk.

De doelstelling 'opdoen van ervaring' wordt niet expliciet uitgewerkt, maar is opgenomen in de analyses voor de andere doelstellingen.

4.2 Identificatie van de huidige situatie

4.2.1 Beschrijving algemene aspecten van de huidige situatie

Om te beginnen worden de algemene aspecten geanalyseerd die te maken hebben met het huidige functioneren van het systeem. Dit zijn de algemene aspecten die weergeven hoe het systeem functioneert, onafhankelijk van specifieke problemen. De aspecten m.b.t. het navigatie- en vervuilingprobleem worden behandeld in 4.2.2. en 4.2.3.

4.2.1.a Aspecten

- situatieschets:
 - inrichting
 - aansluiting aan aangrenzende systemen (ingaaende stromen, uitgaande stromen, grondwater, lucht)
- waterbeweging (volume, verblijftijd, maximale doorstroomsnelheid/minimale-verblijftijd)
- bodemsamenstelling
- resuspensie en sedimentatiegedrag
- algemeen biologisch functioneren, aangevuld met eventuele biologische componenten van bijzondere betekenis

De meer bestuurlijk getinte aspecten (beheerder, vergunningverlener, (hinder voor) omwonenden, etc.) worden in deze analyse niet meegenomen.

4.2.1.b Informatie

Figuur 1 geeft een kaartje van de haven met een aanduiding van de inrichting. De haven bestaat voornamelijk uit een havenkom en een ca. 2 km lang toegangskanaal.

In de haven vindt recreatiescheepvaart plaats. Er zijn vele ligplaatsen voor jachten en er vaart een rondvaartboot. Ook worden er zandschepen gelost aan het eind van het toegangskanaal, vlak voor de havenkom.

Kentallen haven:	* oppervlak:	5,16 ha
	* gemiddelde diepte:	2,5 m.
	* volume:	129.000 m ³
	* gemiddelde verblijftijd:	5 à 6 dagen

Er is geen informatie over minimale en maximale verblijftijd.

Het systeem ontvangt water uit de stadsgracht van Elburg.

* gemiddelde debiet:	0,23 m ³ / s
* gemiddelde stroomsnelheid:	0,14 m /min

Er is een rioolwateroverstort halverwege het toegangskanaal. Het toegangskanaal mondt uit in het Drontermeer.

De haven bevindt zich in een kwelgebied, waardoor verspreiding naar het grondwater vanuit de bodem voorkomen wordt.

Er is geen informatie over sedimentatie en resuspensie gedrag van de bodem.

Er is wel informatie over de bodemsamenstelling.

Een overzicht over de informatie over het functioneren van het systeem met betrekking tot fysische, chemische en biologische parameters staat vermeld in Tabel 1.

Tabel 1 Informatie over parameters met betrekking tot het huidige functioneren van de haven van Elburg.

	statisch	dynamisch	info aanw.	info vold	actie ?
fysisch	bodemsamenstelling		ja	nee	a
		resuspensie	nee	?	1
		sedimentatie	nee	?	1
	volume haven		ja	ja	
		gemiddelde waterbeweging	ja	ja	
		maximale waterbeweging	nee	nee	2
	aangrenzende systemen		ja	ja	
biologisch	algemeen functioneren	algemeen functioneren	nee	ja	b

- a. Er is informatie over droge stof, gloeirest, kalk, fractie $< 2 \mu\text{m}$, fractie $< 16 \mu\text{m}$ (op 6 meetpunten een zeefkromme), Sulfaat, Chloride en Ammonium-N. Op deze punten is ook de verticaal bemonsterd (op 3 lokaties op 3 dieptes; op 2 lokaties op 2 dieptes; op 1 lokatie 1 diepte). Daarnaast is een beperkte parameterset gemeten op 17 andere meetpunten: in het algemeen is alleen de bovenste laag bemonsterd en is alleen droge stof en gloeirest gemeten.

De volgende fysische gegevens van belang voor het baggerproces ontbreken: Atterbergse grenzen, sedimentatie snelheid, rheologische eigenschappen, volume gewicht nat (in situ), volume gewicht droge stof, schuifsterkte, druksterkte.

Verdere informatie over de bodem is verkregen uit seismisch en slagaard onderzoek (zie bij navigatieprobleem).

- b. Er is geen informatie over het biologisch functioneren van de haven van Elburg. Er is echter ook geen aanleiding te veronderstellen dat de haven van Elburg afwijkt van een normaal functionerend systeem. Vandaar dat kan worden volstaan met algemene kennis over het biologisch functioneren.
1. Het belang van informatie over resuspensie en sedimentatie wordt bepaald door de baggertechniek. Het kan belangrijk zijn te weten hoe vertroebelingsgevoelig de bodem is. Het kan ook van belang zijn te weten waar sedimentatie zal optreden wanneer substantiële vertroebeling optreedt. Behoeftte aan informatie op dit vlak komt dan aan de orde bij de keuze van de meest geschikte baggertechniek.
 2. Maximale waterbeweging treedt naar verwachting op wanneer de riooloverstorten functioneren, dus bij veel neerslag. Deze overstorten zouden voor een toename van het watertransport van de haven naar het Drontermeer kunnen zorgen. Er is geen informatie over watertransport bij werkende riooloverstort.

4.2.1.c Causale analyse

De resuspensie/sedimentatie eigenschappen van het slib bepalen samen met het watertransport of er verspreiding optreedt van opgewerveld materiaal. Ook de plaatsen waar eventueel ontstane vertroebeling sedimenteert, worden hierdoor bepaald. De mate waarin een bagger-techniek vertroebeling genereert bepaalt de informatiebehoefte wat betreft sedimentatie en resuspensie. Of er een informatiebehoefte is wat betreft resuspensie en sedimentatie eigenschappen van het systeem hangt dus af van de mogelijke baggertechnieken. Deze komen naar voren in fase 4 van de analyse (beschreven in hoofdstuk 4.4).

Wat betreft algemeen functioneren is een verdere causale analyse niet nodig.

4.2.1.d Voorwaarden en consequenties

Analyse van het algemeen functioneren levert weinig voorwaarden en consequenties op. Alleen wanneer de riooloverstorten een aanzienlijk watertransport kunnen veroorzaken, is dat een aandachtspunt bij het uitvoeren van de werkzaamheden.

4.2.1.e Conclusies

Conclusies voor:

het huidige algemene functioneren van de haven van Elburg:

- De gemiddelde verblijftijd van het water is zodanig lang dat geen rekening hoeft te worden gehouden met transport door waterbeweging; de minimale verblijftijd is echter onbekend. Deze wordt belangrijker naarmate de te gebruiken baggermethode meer bodemmateriaal en poriënwater in het water brengt. In het geval van substantiële vertroebeling is ook informatie over het sedimentatiegedrag nodig.
- Het functioneren van de riooloverstorten moet een aandachtspunt zijn bij de uitvoering van het werk.

4.2.2 Navigatieprobleem

In deze subfase beperkt de analyse zich tot de nautische aspecten. De analyse wordt gedaan vanuit het perspectief dat alleen een navigatieprobleem moet worden opgelost.

4.2.2.a Aspecten:

statische aspecten:

- vaardiepte
- inpeiling
 - ligging vaste bodem
 - ligging sliblaag
- positie obstakels / ondiepten / grof vuil
- samenstelling bodem

dynamische aspecten:

- sedimentatiesnelheid en evt. bronnen slib

4.2.2.b Informatie

Informatie met betrekking tot de statische aspecten is o.a. verzameld in twee surveys, één met slaggaard en één met seismiek (Stema Survey Services b.v.). Verder wordt de ligging van de vaste bodem en de dikte van de sliblaag vermeld voor de meetpunten in het nader onderzoek.

Het saneringsonderzoek (Anonymus, 1993) vermeldt een gewenste vaardiepte van minimaal NAP -3,3 m. De huidige waterdiepte ligt tussen 1,6 en 4,0 meter.

De vaste bodem ligt in de havenkom en het begin van het toegangskanaal globaal tussen NAP -3,0 en NAP -3,5 m, maar varieert tussen NAP -4,6 en -2,0 m. In het toegangskanaal richting Drontermeer is de diepte van de vaste bodem NAP -2,0 m.

Boven op de vaste bodem ligt thans een sliblaag van variërende dikte (gemiddeld 0,6 m) en plaatselijk gemengd met zand. In het toegangskanaal en in de jachthaven aan de zuidwestzijde ligt de grens van de vaste bodem boven de gewenste vaardiepte.

Er is gekeken naar de obstakels: palen, steigers, hellingen (bij jachthavens), een rioolzinker (ca. N.A.P. -4,0 m) en een PGEM zinker (N.A.P. -5,3 m) nabij het Drontermeer. Grof vuil wordt niet apart vermeld.

Over de bodemsamenstelling is onvoldoende informatie (zie bij algemene informatie).

Over de dynamische aspecten van het navigatieprobleem (historische ontwikkeling vaardiepte, sedimentatie per jaar en bronnen van slib) is geen informatie.

Wat betreft de dynamische aspecten (slibgedrag) zijn er vooralsnog geen aanwijzingen dat deze een belangrijke rol spelen. Mochten naar voren komen dat er aanzienlijke sedimentatie plaatsvindt, dan is het verstandig de bron(nen) van het slib vast te stellen en zonodig maatregelen te treffen.

De baggerhistorie zou hier informatie over kunnen geven maar deze is nauwelijks bekend.

4.2.2.c Causale analyse

Voor de analyse van de huidige situatie m.b.t. het navigatieprobleem is een causale analyse niet echt aan de orde. De oorzaak van de aanwezigheid van onderdiepte ligt enerzijds in de sedimentatie van slib. Anderzijds kan uit het feit dat ook zand moet worden weggebaggerd uit het toegangskanaal, worden afgeleid dat er ook sprake is van hogere eisen aan de vaardiepte. Het project betreft dus gedeeltelijk nieuw werk. Er is geen informatie over de baggerhistorie of over de bronnen van het slib. Er wordt slechts vermeld dat er in het verleden, pragmatisch, geconstateerde ondiepten zijn verwijderd. Uit de rapporten komt geen informatie naar voren dat er sprake is van een speciale bron van slib.

Wat betreft de gevolgen van het huidige navigatieprobleem spelen vaarbewegingen en wind resuspensie van bodemmateriaal een rol. Vooral het keren van de rondvaartboot kan in de huidige situatie tot veel resuspensie leiden.

4.2.2.d Voorwaarden en consequenties

De huidige waterdiepte is niet in overeenstemming met de door de gemeente bepaalde waarborg voor een nautische diepte van 3 meter. De informatiebehoefte over de huidige situatie wordt ook bepaald door de gewenste nieuwe situatie. Voor de analyse van het navigatieprobleem is de nieuwe vaardiepte en het nieuwe bodemprofiel voor de haven nodig. Wanneer de nieuwe diepte van 3 meter ook bij de kanten zou moeten gelden, is er ook informatie nodig over de diepte en verankering van palen, beschoeiingen, kademuren etc. in de huidige situatie (zie verder bij vaststelling gewenste situatie. par. 4.4.2.). Consequenties van deze fase zijn:

De nauwkeurigheid waarmee de ligging van sliblaag en onderlaag bekend is moet overeenkomen met de nauwkeurigheid waarmee ontgraven wordt; Bij kiezen van de ontgravingsmethode moet vastgesteld worden of de huidige nauwkeurigheid voldoende is.

In die fase moet ook nader worden bekeken welke informatie over de bodemsamenstelling nodig is.

Bij het vaststellen van de consequenties van de gewenste veranderingen(4.4.) kan aanvullende informatie nodig zijn over de verankering van palen, beschoeiingen, kademuren etc.

4.2.2.e Conclusies

- Het nieuwe bodemprofiel bepaalt of het navigatieprobleem voor een gedeelte van de haven of voor de hele haven geldt. Dit heeft consequenties voor de informatiebehoefte.
- Het is onduidelijk hoe groot de sedimentatie in het systeem is en waar het slib vandaan komt. Het kan niet worden vastgesteld of beperkende maatregelen voor slibbronnen nodig zijn.
- In de huidige situatie vindt resuspensie van slib plaats door vaarbewegingen en wellicht ook door wind.
- Het navigatie probleem is een gevolg van de aanwezigheid van een sliblaag en van de daaronder liggende zandlaag.
- De keuze van de ontgravingstechniek en het nieuwe bodemprofiel bepalen of de bestaande informatie voldoende nauwkeurig is en of er nog aanvullende informatie nodig is.

4.2.3 Vervuilingsprobleem

In deze paragraaf wordt de analyse uitgevoerd vanuit het perspectief dat in Elburg alleen de vervuilingsproblematiek speelt.

4.2.3.a Aspecten

- fysische en fysisch-chemische bodemsamenstelling (m.n. % lutum, porositeit, POC, DOC in poriënwater).
- positie van vervuiling in sediment (horizontaal en verticaal).
- samenstelling oppervlaktewater (DOC, POC, zwevend materiaal).
- concentraties voor verschillende groepen verbindingen (in sediment: in poriënwater; in de waterkolom: opgelost en in zwevend materiaal).
- normen.

4.2.3.b Informatie

De vervuilingssituatie van het sediment is onderzocht in het nader onderzoek (Anonymus 1991). Hierbij is een serie monsters (37) genomen in de lengte as van het systeem (25 lokaties) met op 7 lokaties een diepteprofiel.

PAKs zijn in alle monsters gemeten. In de havenkom en het begin van het toegangskanaal worden alle monsters van de bovenste sedimentlaag (30 tot 70 cm dik) geclassificeerd als klasse 4. Waar gemonsterd, is ook de diepere laag (tot ca. 100 - 140 cm) klasse 4. Daaronder ligt schoner, klasse 2 sediment (zandig). In het toegangskanaal is het sediment voornamelijk klasse 3 en bij het Drontermeer klasse 2 tot 1.

In de havenkom en begin van het toegangskanaal is ook in vele monsters olieverontreiniging klasse 2 tot 3 geconstateerd.

Op zeven lokaties werden ook concentraties van zware metalen gemeten.

In drie monsters werd koper verontreiniging (2 maal klasse 2; 1 maal klasse 3) geconstateerd, en eenmaal Ni verontreiniging (klasse 3).

PCB's en organo-chloorpesticiden werden op 6 lokaties gemeten en bleken overal < 10 µg/kg DS.

Op zeven lokaties werd ook het tin gehalte (niet organisch-tin) gemeten. Op drie plaatsen werden detecteerbare gehalten gemeten (14, 15 en 25 mg/kg DS; detectielimiet 8 mg/kg; streefwaarde: 20 mg/kg). In 1 monster werd dus de streefwaarde overschreden. Wanneer echter het tin voornamelijk afkomstig zou zijn van organotin-verbindingen (component van anti-fouling verf) dan geldt een veel lagere streef/grens waarde (grenswaarde 1,5 µg/kg; streefwaarde 0,1 µg/kg). Organotin verbindingen zijn ongeveer 1000 maal toxischer zijn dan het metaal tin.

De norm voor tributyltin zou sterk overschreden worden, wellicht ook in de monsters met niet detecteerbare concentraties tin. Er zijn geen analyses voor organotin verbindingen gedaan.

Samenvattend kan gesteld worden dat het vervuilingsprobleem in de haven van Elburg een PAK probleem is. Niet kan worden uitgesloten dat ook organotin verbindingen een probleem vormen. Metaal verontreinigingen spelen incidenteel een rol en op een lager niveau dan de PAKs.

Er is relatief weinig inzicht in de verdeling van de verontreinigingen over de sliblaag. De verontreinigingsniveaus zijn in het horizontale vlak redelijk bekend. Alle monsters zijn echter genomen aan de zijkanen van kanaal en haven, maar niet in het midden.

Vaststellen van de verticale verdeling is op slechts 7 plaatsen gebeurd en niet in het midden van het toegangskanaal. De resultaten geven de indruk dat de sliblaag in de diepte homogeen verontreinigd is, maar deze conclusie is zwak onderbouwd. Uit praktische overwegingen wordt het uitgangspunt gehanteerd dat het slib verticaal homogeen vervuild is.

Tabel 2 Informatie over parameters met betrekking tot de huidige vervuilingssituatie in de haven van Elburg.

	statisch	dynamisch	info aanw.	info vold	actie ?
fysisch; bodem	% lutum		ja	ja	
	POC		ja	ja	
	porositeit		ja	ja	
	DOC poriënwater		nee	nee	1
water	POC		nee	nee	2
	DOC		nee	nee	2
	zwevend materiaal		nee	nee	2
vervuiling horizont. bodem	concentraties particulier		ja	ja	
	concentraties opgelost		nee	nee	3
	concentratie organisch-tin		nee	nee	4
vervuiling verticaal bodem	concentraties particulier		nauwelijks	?	5
vervuilingwaterkolom	concentraties in POC		nee	nee	6
	concentraties in DOC		nee	nee	6
biologie	toxiciteit sediment		nee	nee	7

1. DOC in poriënwater is niet gemeten, maar kan een belangrijke rol spelen in de mogelijkheid van verspreiding van m.n. organische microverontreinigingen. Moet nog gemeten worden.
2. en 6. Er zijn geen gegevens over de samenstelling van de waterkolom wat betreft POC, DOC en zwevend materiaal en ook niet wat betreft de vervuilingsgraad van deze fracties. Deze gegevens zijn nodig voor een inschatting van de verspreiding van verontreinigingen en van de te verwachten kwaliteit van de nieuw te vormen sliblaag.
3. Er is geen inzicht in de concentraties verontreinigingen in opgeloste vorm in het poriënwater. Dit is de fractie die direct verspreid wordt wanneer menging met water uit de waterkolom optreedt. Deze fractie kan geschat worden met een berekening, als het DOC gehalte in het poriënwater bekend is.

4. Metingen van organisch-tin ontbreken; de vermelde tin metingen zijn niet geschikt om hiervan een schatting te maken. Inzicht in de concentraties kan nodig zijn voor keuze van de behandelingsmethoden van het slib.
5. Er is weinig inzicht in de verticale verdeling van de verontreiniging. Op grond van de verticale verdeling op de 7 plaatsen waar gemeten is, bestaat de indruk dat de sliblaag homogeen verontreinigd is in de verticaal. Een beter inzicht in de verticale verdeling kan mogelijk leiden tot een reductie van de hoeveelheid te behandelen slib. Een inspanning om de positie van de vervuiling in beeld te brengen met een nauwkeurigheid die in overeenstemming is met de nauwkeurigheid van ontgravingstechnieken, valt te overwegen.
6. zie 2.
7. Er is nog geen informatie beschikbaar over de huidige toxiciteit van het sediment of van sedimentfracties. Deze gegevens zijn nodig als referentie voor toxiciteitstesten van de bodemkwaliteit na sanering en van de deelstromen van het behandelingsproces. Het meten van toxiciteit naast concentratie is nodig omdat de toxiciteit niet alleen wordt bepaald door de concentratie, maar ook door de biobeschikbare fractie van de totaal aanwezige hoeveelheid. De biobeschikbaarheid kan niet met analytisch chemische methoden worden gemeten.

Dynamische aspecten die van belang zijn betreffen vooral de in de huidige situatie optredende uitwisseling van verontreinigingen tussen bodem en water en de daarbij optredende verspreiding. Deze is echter niet in het kader van een monitoringprogramma te achterhalen. Daarom zijn geen dynamische aspecten vermeld.

4.2.3.c Causale analyse

Centraal in de causale analyse van de vervuilingssituatie staat de vraag waar komen de verontreinigingen vandaan en wat zijn de effecten.

Over de oorzaken van de vervuiling is geen duidelijkheid. In het nader onderzoek worden mogelijke bronnen geïdentificeerd. Uit het vervuilingsspatroon komen geen duidelijke bronnen naar voren. Onderzoek naar de kwaliteit van het stadsgrachtwater heeft aangetoond dat deze instroom een zekere PAK belasting vertegenwoordigt.

Opvallend is dat er geen duidelijke vervuiling is geconstateerd als gevolg van de aanwezigheid van scheepswerven/jachthavens. Vooral koper en organotin verbindingen waren te verwachten omdat die aanwezig zijn in aangroeiwerende verven, die in deze branche gebruikt worden. Deze bronnen zijn in het sediment niet duidelijk terug te vinden, maar organotin is niet apart bemeten. Een mogelijke verklaring zou kunnen zijn dat door de bemonstering van dikke sliblagen een verdunning met oud slib is opgetreden. Een tweede mogelijkheid is dat het slib veelvuldig wordt opgewoeld, waardoor een verspreiding over de hele haven plaatsvindt.

Gevolgen (ecologische effecten) van de aanwezigheid van de vervuiling worden niet gemeld. Er is onderzoek gaande middels bio-essays naar de effecten van de huidige verontreinigde situatie op het biologische leven. Hoewel de resultaten nog niet definitief zijn, lijkt het erop dat er niet gesproken kan worden van directe toxische effecten in de huidige situatie. Uit de afnemende concentraties in het slib richting Drontermeer kan geconcludeerd worden dat de verspreiding naar aangrenzende systemen in de huidige situatie niet erg groot is.

4.2.3.d Voorwaarden en consequenties

Voorwaarden en consequenties zijn hier nog niet aan de orde.

- toxiciteit van sediment (fracties) vóór en na het baggeren moeten met dezelfde techniek worden vastgesteld om de resultaten te kunnen vergelijken.
- een gedeelte van de informatie is nodig om inzicht te verkrijgen in mogelijke verspreiding van PAKs door baggeractiviteiten. De verspreiding wordt beïnvloed door de gekozen baggertechniek. Wanneer die bekend is moet de informatie behoefte opnieuw worden gezien m.n. wat betreft de nauwkeurigheid.

4.2.3.e Conclusies

1. Het vervuilingprobleem in de haven van Elburg is een PAK probleem. Niet kan worden uitgesloten dat ook organotin verbindingen een probleem vormen. Metaal verontreinigingen spelen incidenteel een rol en op een lager niveau dan de PAKs.
2. De informatie omtrent de huidige vervuilingssituatie moet worden aangevuld met informatie over:
 - DOC in poriënwater;
 - concentratie opgeloste verontreiniging in poriënwater;
 - DOC, POC en zwevend materiaal in de waterkolom;
 - verontreinigingsniveau in de waterkolom;
 - verontreinigingsniveau organotin verbindingen in sediment.
3. Overwogen moet worden of de positionering van de verontreiniging beter in kaart moet worden gebracht. Hierbij speelt vooral de verontreiniging in de vaarroute van de dieper stekende schepen een rol. Door grotere omwoeling van het slib is hier een grotere kans dat de onderliggende zandlaag vervuild is. De nauwkeurigheid waarmee de positionering bekend moet zijn hangt samen met de toe te passen baggertechniek. De informatiebehoefte moet opnieuw bekeken worden wanneer de baggertechniek bekend is.
4. Een analyse van de bronnen van m.n. de PAKs en adequate saneringsmaatregelen zijn nodig, maar vallen buiten het bestek van deze analyse.
5. De toxiciteit van het huidige sediment is belangrijk als referentiepunt voor de toxiciteit van het sediment na sanering en van sedimentfracties na behandeling.

4.2.4 Opdoen van ervaring

Het opdoen van ervaring ligt in deze fase met name in het uitvoeren van vooronderzoek en planning. Een volledige bemonstering is belangrijk, zowel wat betreft de te meten parameters als wat betreft de geografische dekking. De benodigde volledigheid en nauwkeurigheid is echter ook afhankelijk van keuzen die in een later stadium van de voorbereiding van de sanering worden gedaan.

De hierboven vermelde aanvullingen op de metingen zijn gedeeltelijk nodig om ervaring te krijgen met de waarde van meetresultaten in de praktijk. Het meten van DOC in poriënwater en in de waterkolom, bijvoorbeeld, is van belang voor het inschatten van de mogelijke verspreiding van de vervuiling. Wanneer de gekozen baggertechniek menging van poriënwater en de waterkolom voorkomt, dan is verspreiding via DOC veel minder belangrijk. De genoemde metingen zijn bedoeld om daar kennis over te krijgen.

4.3 Omschrijving van de gewenste eindsituatie

4.3.1 Navigatieprobleem

4.3.1.a Aspecten

- gewenste vaardiepte
- bodemprofiel

4.3.1.b Informatie

De gewenste vaardiepte is NAP -3,3 m. Daarnaast is een gewenst bodemprofiel ontworpen. Een goed ontworpen bodemprofiel kan toekomstig onderhoud vereenvoudigen.

4.3.1.c Causale analyse

Een gevolg van de verdieping is een vergroting van het volume van de haven. Bij een oppervlakte van 5,16 ha en een gemiddelde diepte van 2,5 m is het huidige volume 129.000 m³. Het baggeren van 45.000 m³ betekent een volumevergroting van 35 %. De gemiddelde verblijftijd van het water zal daardoor toenemen. Mogelijk neemt daardoor de sedimentatie toe. Daarnaast is het mogelijk dat door de grotere diepte minder resuspensie zal optreden door wind en scheepvaart. In de nieuwe situatie bestaat de bodem uit grover materiaal met een laag organisch materiaal (OM) gehalte. De bodem water uitwisseling van met name zuurstof zal daardoor toenemen. Hiervan mag een positief effect op het bodemleven worden verwacht. Het lagere OM gehalte kan ook consequenties hebben voor de vervuilingssituatie (zie 4.3.2.).

4.3.1.d Voorwaarden en consequenties

Als voorwaarde voor het bereiken van de gewenste vaardiepte geldt dat eventueel in de bodem aanwezige pijpleidingen, kabels etc. de verdieping toestaan. In het rapport van het saneringsonderzoek staan twee zinkers vermeld: een rioolleiding, waarschijnlijk op een diepte van ongeveer NAP -4,0 m. en een PGEM zinker op circa NAP -5,3 m.

Een consequentie van de verdieping is dat in het meetprogramma controle moet plaatsvinden van de nieuwe vaardiepte en het nieuwe profiel (uitpeiling).

4.3.1.e Conclusies

- Om het navigatieprobleem op te lossen moet de sliblaag en een gedeelte van de vaste bodem worden verwijderd.
- Door de verdieping neemt de verblijftijd in het systeem met ongeveer 35 % toe.
- Mogelijk neemt ten gevolge van verdieping de resuspensie van bodemmateriaal af en neemt de netto sedimentatie toe.
- De vaardiepte en het bodemprofiel in de nieuwe situatie moeten worden gecontroleerd.

4.3.2 PAK probleem

De gewenste eindsituatie wat betreft het vervuiling(PAK)-probleem is een "schone bodem". Het begrip "schoon" is niet goed gedefinieerd, en kan op verschillende manieren worden vertaald, bijvoorbeeld op een analytisch chemische manier (concentraties) en op een toxicologische manier (ecotoxicologische testen). Duidelijkheid over wat wel of niet "schoon" is, is van belang.

In het Elburgproject is besloten dat de verantwoordelijkheid voor het "schoon" zijn van de nieuwe bodem bij de opdrachtgever berust. De verantwoordelijkheid van de aannemer is dat het project wordt uitgevoerd zoals in overleg met de opdrachtgever (o.a. via bestek) is afgesproken.

Gezien het belang van het begrip "schone bodem" in een saneringsproject is in deze fase van de analyse een nadere uitwerking van deze problematiek opgenomen.

4.3.2.a Aspecten

- definitie "schone bodem"
- verontreinigingsniveau nieuw te vormen bodem
- toxiciteit nieuw te vormen bodem
- klasse grenzen in nieuwe bodem
- klasse bepalende verontreiniging

4.3.2.b Informatie

Sanering heeft tot doel een "schone" bodem op te leveren. Het is echter niet duidelijk wat de maatstaf voor schoon is: er zijn geen normen voor op te leveren bodems. Wel zijn er normen voor het vaststellen van acties in het geval van een verontreinigde bodem. Normen die hiervoor gebruikt worden zijn beschreven in:

- Leidraad Bodemsanering (A,B en C waarden);
- Derde Nota Waterhuishouding (AMK 2000);
- Milieukwaliteitsdoelstellingen Bodem en Water (MILBOWA).

Helaas hanteren deze niet dezelfde waarden voor de klasse-indelingen.

De AMK 2000 waarden en de grenswaarden uit MILBOWA komen overeen; De waarden in de leidraad bodemsanering (A waarden; ook wel referentiewaarden genoemd) wijken af en zijn voor de meeste PAKs hoger.

Het ligt voor de hand voor de definitie van "schoon" de grenswaarden uit MILBOWA of de AMK waarden te hanteren. Deze zijn opgesteld voor onderwaterbodems.

De kwaliteit van de nieuwe bodem moet dan klasse 2 of beter zijn volgens de indeling in de derde Nota Waterhuishouding.

Daarbij speelt het volgende nog een rol: De nieuwe bodem bevat veel minder organisch materiaal (<2 % organische stof) dan de huidige slibbodem. Tengevolge daarvan moet gecorrigeerd worden tot 20 % van de waarde voor standaardbodem (die bevat 10% OM). De norm voor PAKs (Σ -10) wordt dan 0,2 mg/kg. Behalve op meetpunt 32 (bij de riooloverstort) voldoet de huidige onderlaag aan deze norm. Ook de metaalconcentraties in de onderlaag voldoen ruimschoots aan de norm.

Deze concentraties liggen veel lager dan de huidige: ca 5 mg/kg bij het Drontermeer tot 25 - 35 mg/kg in de havenkom. De concentraties een moeten een factor 20 tot 100 naar beneden. De uiteindelijk gerealiseerde concentratie zal < 1% van de huidige concentratie moeten bedragen in de havenkom (zie ook 4.7).

Door sedimentatie van (vervuild?) zwevend materiaal zal de kwaliteit van de zich nieuw vormende toplaag bepaald worden door de kwaliteit van het sedimenterende materiaal.

De kwaliteit van het nieuw te vormen slib is op voorhand niet duidelijk. Er vindt nog onderzoek plaats naar de kwaliteit van het aangevoerde zwevend materiaal uit de stadsgracht. De kwaliteit van het instromende zwevend materiaal (de stadsgracht) en de interne bronnen die niet gesaneerd (kunnen) worden (atmosferische depositie, lozingen verband houdende met het gebruik voor recreatie, jachthaven, etc) bepalen welke kwaliteit na verloop van tijd haalbaar is in de nieuwe situatie.

Tot welk niveau de vervuiling verwijderd moet worden, is een kwestie van kiezen. Deze keuze kan gebaseerd worden op de normering van waterbodems, waarbij de grenswaarde uit MILBOWA / AMK 2000 het meest in aanmerking komt, of op het binnen de gegeven situatie haalbare vervuilingsniveau, gegeven de aanvoer en niet te saneren bronnen.

In de praktijk kan de kwaliteit op zijn best de kwaliteit van de ondergrond zijn (nu klasse 1/2). Of deze kwaliteit gehaald wordt is sterk afhankelijk van de volledigheid waarmee de huidige vervuiling verwijderd wordt (kan worden).

In de nieuwe situatie kunnen andere verontreinigingen dan PAKs klasse bepalend worden door verandering van de chemisch-fysische omstandigheden in het sediment.

Door verandering van de samenstelling van de nieuwe bodem kan ook de biobeschikbare fractie van de resterende verontreinigingen toenemen.

Er zijn goede redenen om te zeggen dat een "schone bodem" een niet toxisch sediment inhoudt. Toxiciteit kan niet goed met analytisch chemische metingen (concentratie metingen) worden vastgesteld. Enkele toxiciteitstesten zijn nodig om te bepalen of de saneringsoperatie in deze zin geslaagd is.

4.3.2.c Causale analyse

De kwaliteit van het nieuw te vormen slib wordt bepaald door de volledigheid van verwijdering en door de resterende bronnen na sanering. Het is niet duidelijk in hoeverre puntbelastingen zullen blijven bestaan na de sanering. Er zullen hoe dan ook diffuse belastingen blijven bestaan die samenhangen met het gebruik van de haven en omgeving (o.a. afkomstig van motoren van boten en aangroeiwerende verven) en door atmosferische depositie. Eventuele effecten van deze diffuse belastingen kunnen alleen worden geschat op grond van de te verwachten concentraties.

Ook de lagere organische stofconcentraties in de nieuwe bodem spelen een belangrijke rol, vanwege de te verwachten hogere biobeschikbaarheid van verontreinigingen. Een volledige verwijdering van de verontreiniging zal een positieve invloed op de bodemgemeenschap hebben, vooral in de havenkom.

4.3.2.d Voorwaarden en consequenties

Als voorwaarde voor het bereiken van de gewenste kwaliteit geldt: volledige verwijdering of afbraak van de huidige vervuiling. Ook de thans bestaande belastingen moeten zo volledig mogelijk worden gesaneerd. De volledigheid van de verwijdering wordt beïnvloed door de bereikbaarheid van de bodem. De haven van Elburg bevat in de huidige situatie veel moeilijk bereikbare plaatsen. Daarvoor moet een goede oplossing worden gevonden (keuze baggertechniek of verwijdering van obstakels).

Een verdere randvoorwaarde is dat de onder de sliblaag aanwezige vaste bodem aan de kwaliteitseisen voldoet.

Mogelijk moeten nog andere maatregelen worden genomen om de door verwijdering bereikte kwaliteitsverbetering te handhaven.

Consequenties voor het meetprogramma zijn: controle van bodemkwaliteit bij oplevering, inclusief toxiciteitstesten, en controle van verspreiding van verontreiniging naar zwevend materiaal in de waterkolom en naar de omgeving. Wanneer de doelstelling wordt gebaseerd op de "best haalbare kwaliteit" moet een nadere inschatting van bronnen en sedimentatie worden gemaakt.

4.3.2.e Conclusies

- Het verontreinigingsniveau van de nieuw te vormen bodem wordt voornamelijk bepaald door de volledigheid waarmee het huidige bodemmateriaal verwijderd wordt en op termijn door de resterende (diffuse) bronnen.
- Door de gewijzigde fysisch chemische omstandigheden na sanering kan de biologische beschikbaarheid van verontreinigingen toenemen.
- Chemische bepalingen moeten uitmaken of de kwaliteit van de gesaneerde bodem aan de specificaties voldoet.
- Toxiciteitstoetsen moeten aangeven of de sanering geleid heeft tot een niet toxisch sediment.
- Er zijn geen normen vastgelegd waaraan de nieuwe bodem moet voldoen. De te stellen eisen aan het resultaat van de sanering moeten van tevoren worden vastgesteld. Deze kunnen worden gesteld als voorschriften voor de uitvoering of als eisen aan de concentraties in de gesaneerde situatie. In het laatste geval kunnen de normen (bijv. AMK 2000) of de kwaliteit van het recente zwevende materiaal in de stadsgracht als uitgangspunt worden genomen.
- De kwaliteit van de zich vormende sliblaag na sanering kan door gebrek aan gegevens niet worden ingeschat.

4.3.3 Het opdoen van ervaring

Het gaat hier om het opdoen van ervaring met het stellen van doelen voor een project.

4.3.3.a Aspecten

- vaardiepte
- profiel
- normen

De aspecten vaardiepte en bodemprofiel zijn standaard onderdelen van een baggerproject en hoeven hier niet verder besproken te worden. Eventuele raakvlakken tussen navigatie probleem en de verontreinigingssituatie zijn echter interessant. Een zo'n raakvlak is bijvoorbeeld het ontwerp van het profiel. Er zou een verdieping in het ontwerp kunnen worden opgenomen op plaatsen waar het zwevend materiaal van resterende bronnen van vervuiling bezinkt (bij de instroom van de stadsgracht bijvoorbeeld). Op deze manier kan het onderhoud worden vereenvoudigd en de verspreiding van vervuild materiaal worden tegengegaan.

Een tweede belangrijk punt voor het opdoen van ervaring is de normering die gehanteerd moet worden in een saneringsproject. Hierbij komen allerlei beheersaspecten naar voren die hier buiten beschouwing blijven. Hiermee samenhangend is het belangrijk dat ervaring wordt opgedaan met de (technische) haalbaarheid van doelstellingen voor de sanering (zie ook 4.7.).

4.4 Vaststelling van de aan te brengen veranderingen en de mogelijke methoden

In deze fase van de analyse wordt bekeken op welke manier de gewenste toestand kan worden bereikt. Daartoe worden de noodzakelijke veranderingen van de huidige situatie vastgesteld en worden de mogelijke technieken geëvalueerd op hun bruikbaarheid.

Algemeen

Uit de vorige paragrafen is duidelijk dat het navigatieprobleem alleen kan worden opgelost door materiaal te verwijderen. Als gevolg daarvan komen voor het vervuilingsprobleem geen in-situ technieken in aanmerking.

Voor het verwijderen van het materiaal kan er onderscheid worden gemaakt tussen wel of niet gescheiden baggeren van de vervuilde laag.

Wanneer niet gescheiden gebaggerd wordt komen slechts baggertechnieken in aanmerking die voor het vervuilingsprobleem inzetbaar zijn.

Wanneer eerst het vervuilde slib verwijderd wordt kunnen (na controle) voor het daarop volgende verdiepen ook andere technieken worden ingezet.

4.4.1 Navigatie probleem

4.4.1.a Aspecten

- verdieping volgens gewenst profiel
- mogelijke methoden
 - vervuilde sliblaag en onderlaag apart verwijderen, met al of niet verschillende methoden
 - vervuilde sliblaag en onderlaag verwijderen met dezelfde techniek
- havenmeubilair
- grof vuil
- slecht bereikbare plaatsen
- afvoer van specie

4.4.1.b Informatie

Het verdiepen tot het gewenste profiel is standaard baggerwerk.

De precisie waarmee gewerkt kan worden is afhankelijk van het type baggerwerktuig. In het saneringsrapport wordt een benodigde overdiepte aangehouden van 0,3 m.

De nauwkeurigheid waarmee ontgraven kan worden en de nauwkeurigheid waarmee de uitpeiling wordt uitgevoerd moeten met elkaar in overeenstemming zijn.

Bij het baggeren van vervuild slib, bepaalt het saneringsprobleem de baggertechniek. Aangezien de gewenste diepte groter is dan de maximale diepte van de vervuilde sliblaag, komen de doelstellingen van verdieping en sanering overeen: uitvoering van de sanering zorgt tevens voor verdieping.

Om de hoeveelheid vervuilde (te behandelen, zie hierna) specie minimaal te houden, kan de vervuilde laag apart verwijderd worden. Dit houdt in dat zo nauwkeurig mogelijk gebaggerd moet worden. Na de verwijdering van het slib kunnen eventueel ook andere baggertechnieken worden ingezet. Voor dat tweede gedeelte van het werk worden de ontgravingstechniek en de nauwkeurigheid waarmee ontgraven wordt niet meer bepaald door het vervuilingsprobleem.

Het saneringsrapport maakt melding van problemen met het havenmeubilair wanneer de diepte toeneemt (stabiliteit van beschoeiingen meerpalen en kademuren). Dit aspect wordt hier verder niet behandeld. Dit punt hangt samen met de bereikbaarheid van delen van de haven. In het saneringsonderzoek wordt de mogelijkheid genoemd het meubilair te verwijderen en terug te plaatsen. In dat geval vervalt het punt van bereikbaarheid.

Problemen met betrekking tot andere belangrijke aspecten als grof vuil, de onbereikbaarheid van gedeelten van de haven en de snelheid waarmee gewerkt kan worden hangen vooral samen met het vervuilingsprobleem. Deze aspecten worden behandeld in 4.4.2.

4.4.1.c Causale analyse

Er zijn twee redenen om de sanering en ontgraving (gedeeltelijk) te scheiden:

- beperking van het volume te behandelen specie
- het bereiken van de gewenste sedimentkwaliteit (zie 4.7).

De hoge kosten voor berging en/of verwerking van vervuild sediment spelen hierbij een belangrijke rol.

Een effect van gescheiden ontgraving is dat er tussentijds een bodem wordt opgeleverd. In verband met mors en andere verliezen kan deze bodem niet zonder meer als schoon worden beschouwd. Er moet controle plaatsvinden op de verwijdering van de vervuiling voordat de verdere verdieping kan plaatsvinden. Dit heeft organisatorische consequenties en kan de uitvoering van het werk beïnvloeden (tijd en plaats om werkzaamheden uit te voeren).

Alleen voor het baggeren van de schone onderlaag geldt dat het vervuilingsprobleem geen rol speelt. De onderlaag bestaat uit zandig sediment dat snel zal sedimenteren. Op grond daarvan kan worden gesteld dat verdere verdieping, na verwijdering van vervuilde specie, geen speciale eisen aan de baggertechniek stelt.

De mogelijkheden tot afvoer van gebaggerde specie kunnen afhankelijk zijn van de verwerkingssnelheid. Van te voren moet rekening worden gehouden met tegenvallende verwerkings-snelheden. Oplossingen voor die situatie, zoals langzamer ontgraven, tijdelijke opslag, verwerking elders, etc. moeten van te voren op hun consequenties worden bekeken.

4.4.1.d Voorwaarden en consequenties

Een belangrijke voorwaarde voor het bereiken van het gewenste resultaat is dat de bodem op de gewenste diepte niet vervuild is. Wanneer er toch sprake is van een dieper voorkomen-de vervuiling, dan zal de vervuiling daar tot een grotere diepte moeten worden verwijderd. De ontstane overdiepte kan gebruikt worden voor het bergen van onvervuild materiaal van elders (bijvoorbeeld uit het toegangskanaal).

Er moet duidelijkheid zijn over de wijze waarop wordt vastgesteld of de vervuilde laag volledig is verwijderd.

Consequentie voor het meet programma:

controle van de bodemkwaliteit;

bij gescheiden ontgraving:

controle van de onderlaag na verwijdering van de sliblaag

bij niet gescheiden ontgraven:

controle van de eindsituatie.

4.4.1.e Conclusies

- De hoeveelheid vervuilde specie kan worden beperkt door het vervuilde materiaal eerst te verwijderen. De nauwkeurigheid waarmee de vervuilde laag moet worden verwijderd is een compromis tussen de minimalisering van de hoeveelheid en de zekerheid over volledige verwijdering (zie ook 4.7.).
- Het gescheiden verwijderen van de vervuilde laag heeft organisatorische consequenties, omdat controle van het resultaat noodzakelijk is vóór ontgraven van de onderlaag.
- De baggertechnische nauwkeurigheid van ontgraving en de nauwkeurigheid van uitpeiling moeten met elkaar in overeenstemming zijn.
- De mogelijke methoden voor het baggeren van de sliblaag worden bepaald door de eisen die het vervuilingprobleem stelt. Na verwijdering van de vervuiling (en controle) zijn er, in principe, geen milieu-beperkingen aan te gebruiken methoden voor het ontgraven van de onderlaag.

4.4.2 Het PAK-probleem

Het PAK probleem heeft een groot aantal verschillende aspecten die bepalen welke technieken mogelijk kunnen worden ingezet. Om een en ander gestructureerd af te kunnen werken zijn de hoofdaspecten verder onderverdeeld. Een aantal daarvan wordt behandeld na de formele analyse.

4.4.2.a Aspecten

- verwijdering
 - risico's
 - methodes
- transport
- behandeling van vervuild materiaal
 - scheiding
 - ontwatering
 - behandeling
 - restmateriaal schoon
 - restmateriaal vuil
- niet PAK vervuiling
- berging

4.4.2.b Informatie

Verwijdering

Doel is het verwijderen van het vervuilde slib, waarbij verspreiding en achterblijven van verontreiniging wordt voorkomen.

De risico's van verwijdering liggen vooral in:

- verspreiding van verontreinigingen naar de omgeving;
- onvolledige verwijdering.

Verspreiding kan plaats vinden door menging van poriënwater en fijn slib met oppervlaktewater. Hierdoor kunnen verontreinigingen zich onafhankelijk van de weer sedimenterende vertroebeling verspreiden. Deze menging moet zoveel mogelijk worden voorkomen. Werken binnen een slibscherm sorteert alleen effect voor de weer sedimenterende fractie. De opgeloste fractie blijft in het water. Om verspreiding zoveel mogelijk te voorkomen kunnen de volgende eisen aan de ontgravingstechniek worden gesteld:

- minimale verstoring van het sediment;
- minimale menging van poriënwater met oppervlaktewater;
- minimale menging van proceswater met oppervlaktewater.

Om aan deze eisen te voldoen kunnen o.a. de volgende maatregelen worden genomen:

- werken binnen een zo goed mogelijk afgesloten kap.
- minimale bewegingen van het ontgravingsgedeelte (vgl. draadgrijper of emmerbaggermolen met een wormwiel).
- minimaliseren hoeveelheid proceswater.

Een nadere kwantificering van wat minimaal is heeft weinig zin. Ten eerste is er te weinig kennis over de grootte van de verspreiding van vervuiling in praktijksituaties. Ten tweede zal met de huidige baggertechnieken een schone eindsituatie alleen kunnen worden bereikt door meer dan een slag te maken (zie 4.7.).

Het ontstaan van vertroebeling is niet alleen afhankelijk van de baggertechniek maar ook van de bodemsamenstelling. Er is (nog) geen eenduidige methode om de vertroebelingsgevoeligheid van een sediment te meten.

Het inzetten van een baggertechniek die minder gericht is op het beperken van de vertroebeling is alleen mogelijk wanneer duidelijk is dat de eigenschappen van het sediment zodanig zijn dat verspreiding en menging van poriënwater met oppervlaktewater nauwelijks of niet optreedt. Dat is in Elburg niet te verwachten.

Overigens geldt voor elke baggertechniek dat de operator een belangrijke rol speelt in het minimaliseren van de vertroebeling.

Een tweede risico is onvolledige verwijdering van de vervuiling.

Dit risico wordt beperkt door het gebruik van een techniek met minimale verspreiding. In de praktijk is een tweede, zogenaamde "opschoonslag" bijna onvermijdelijk (zie 4.7.).

4.4.2.c Causale analyse

De verwijdering van het vervuilde materiaal wordt beïnvloed door de aanwezigheid van obstakels en grof vuil.

In het saneringsrapport wordt het probleem signaleerd dat delen van de haven niet toegankelijk zijn voor apparatuur (bijvoorbeeld door de aanwezigheid van obstakels als meerpalen en steigers). Wanneer deze obstakels niet worden verwijderd voor het baggerwerk moet voor dit gedeelte van de haven een geschikte oplossing worden gevonden. Of een oplossing geschikt is kan beoordeeld worden op de bovengenoemde gronden:

- minimale menging van poriënwater met waterkolom
- minimale verspreiding van fijn sediment (lage vertroebeling)
- zo volledig mogelijke verwijdering

Wanneer aan deze eisen onvoldoende kan worden voldaan met de techniek, kan overwogen worden de niet bereikbare gedeelten van de haven als een geheel af te scheiden middels slibschermen. De instroom punten van de haven (stadsgracht en riooloverstort) moeten natuurlijk buiten het afgescheiden gedeelte liggen. De schermen moeten pas verwijderd worden wanneer de nieuwe evenwichtssituatie is ingetreden, d.w.z. wanneer alle vertroebeling en mors weer zijn gesedimenteerd. De schermen moet dan zoveel mogelijk zonder nieuwe omwoeling worden verwijderd. De kwaliteit van de opgeleverde bodem moet worden gecontroleerd.

De effectiviteit van verspreidingsbeperkende maatregelen wordt ernstig verminderd door de aanwezigheid van grof vuil. Er is geen melding gemaakt van een inventarisatie van grof vuil.

Door het proces van verwijderen van de vervuilde specie worden de volgende zaken beïnvloed:

Er ontstaat een hoeveelheid vervuilde specie die moet worden behandeld of geborgen (zie hierna). Vaak wordt de specie voor het transport vanaf de baggerapparatuur flink verdund. Hierdoor kan het te behandelen volume flink toenemen.

De eisen die de verwerkingstechniek stelt aan de samenstelling van de specie bepalen mede de beste vorm van transport van het slib. Een minimale verdunning kan belangrijk zijn in latere fasen van de sanering (zie daar). Het kan ook zijn dat voor de verwerking juist verdunning nodig is.

Ook kan de verwerkingstechniek speciale eisen stellen aan de samenstelling van het slib. Dit kan weer eisen stellen aan de baggertechniek. De mogelijke baggertechnieken hangen dus samen met de mogelijke verwerkingstechnieken.

4.4.2.d Voorwaarden en consequenties

Naast de baggertechniek zijn de volgende voorwaarden voor een succesvolle verwijdering van het vervuilde slib aan de orde:

- gering grof vuil probleem;
- een oplossing voor de niet bereikbare delen van de haven wanneer het meubilair niet wordt verwijderd.

De consequenties voor het meetprogramma zijn:

- inventarisatie grof vuil;
- controle van de geproduceerde vertroebeling;
- controle van de volledigheid van de verwijdering;
- controle op bodemkwaliteit van moeilijk bereikbare gedeelten van de haven.

4.4.2.e Conclusies

- Eisen waaraan de toe te passen techniek voor het verwijderen van de vervuilde laag moet voldoen zijn:
 - minimale verstoring van het sediment
 - minimale menging van poriënwater met oppervlaktewater
 - minimale menging van proceswater met oppervlaktewater
- De verspreiding van verontreiniging valt niet zonder meer samen met de verspreiding van vertroebeling.
- De aanwezigheid van grof vuil kan de effectiviteit van een techniek drastisch verlagen. Een inventarisatie vooraf van eventueel aanwezig grof vuil is waardevol.
- De eisen die de verwerkingstechniek stelt aan de samenstelling van de specie bepaalt mede op welke wijze de specie het best getransporteerd kan worden. Verdunning voor transport zorgt voor een drastische toename van het volume te behandelen materiaal en creëert een grote hoeveelheid te behandelen proceswater.

- Oplossingen voor de verwijdering in de slecht bereikbare delen van de haven kunnen worden beoordeeld op grond van de drie hoofdvoorwaarden: minimale menging poriënwater, minimale verspreiding fijn slib en volledige verwijdering. Eventueel kan een gedeelte van de haven als één geheel met slibschermen worden afgescheiden. De slibschermen mogen pas worden verwijderd na instelling van de nieuwe evenwichtssituatie.

Aanvullende subaspecten

Transport

Het transport vereist geen aparte analyse. Het moet plaatsvinden zonder menging van water en slib met de omgeving, dus in dichte bakken of via een pijpleiding. Minimale verdunning is noodzakelijk tenzij er goede reinigingstechnieken voor water beschikbaar zijn of het verwerkingsproces verdunning noodzakelijk maakt.

Behandeling en fractiescheiding:

Het saneringsonderzoek gaat uitgebreid in op fractiescheiding en behandelingstechnieken. Er worden diverse scenario's uitgewerkt.

In deze studie wordt alleen gekeken naar de aspecten van verwerking die eisen kunnen stellen aan de uitvoering van het baggerwerk en het meetprogramma.

In het algemeen geldt dat bij behandeling een aantal uitgaande stromen ontstaan. We gaan er vanuit dat alle in- en uitgaande stromen volledig onder controle zijn, zodat mors en lekstromen niet optreden.

De uitgaande stromen moeten worden gecontroleerd om zeker te stellen dat de behandeling effect heeft gehad. Daarbij zijn een aantal punten belangrijk:

- De scheiding van water en deeltjes is niet gelijk aan de scheiding tussen schoon en vuil. In het water kunnen verontreinigingen in opgeloste vorm voorkomen.
- Door lage concentraties organisch materiaal kunnen de verontreinigingen in water- of vaste fracties een hoge biobeschikbaarheid hebben en daardoor een hoge toxiciteit. Het is meermalen aangetoond dat na fractiescheiding de toxiciteit van de grove, "schone" fractie hoger was dan van het uitgangsmateriaal.

Of een fractie schoon (niet toxisch) is kan niet worden afgeleid uit het geslaagd zijn van een scheiding van fracties en ook niet uit de resultaten van chemisch analytische metingen. Alleen toxiciteitstesten kunnen hiervan een indicatie geven.

Zoals boven vermeld worden de consequenties van behandelingen van de specie voor het meetprogramma beperkt tot de consequenties voor de baggertechniek. Metingen aan fracties blijven buiten beschouwing.

Hierbij zijn de volgende subaspecten van belang:

Subaspecten:

- behandelingstechnieken
- samenstelling specie
- transport
- controle van behandelde stromen

Behandelingstechnieken

Bij behandelingstechnieken kan een onderscheid gemaakt worden tussen technieken om fracties te scheiden en methoden om de vervuiling te verwijderen.

De voor scheiding gebruikte techniek is hydro-cyclonage, eventueel in meerdere trappen. Hiervoor moet de specie verdund worden tot een dichtheid van 1,14 ton/m³. Daardoor wordt het volume vergroot tot 240.000 m³. Deze verdunning is groter dan nodig is voor transport. Cyclonage stelt dus geen eisen aan de bagger- of transporttechniek.

Voor behandeling/decontaminatie zijn verschillende technieken beschikbaar die kunnen worden ingedeeld in fysische, chemische en biologische technieken. De geschiktheid van een sediment of fracties daarvan moet in het algemeen middels praktijk proeven worden vastgesteld.

Fysisch

In de grondreiniging (in het buitenland ook voor sediment) worden thermische technieken gebruikt om het materiaal te verglazen of te sinteren. In theorie zijn deze technieken ook bruikbaar voor de specie van de haven van Elburg. Deze technieken stellen als voorwaarde dat het zand verwijderd is. Bovendien moet na de scheiding het watergehalte worden teruggebracht.

Gezien de noodzaak tot fractiescheiding, waarvoor verdunning noodzakelijk is, stelt de thermische behandeling geen eisen aan de baggertechniek.

Chemisch

De chemische methoden komen neer op extractie of immobilisatie (cementering).

Wat betreft extractie is een probleempunt dat het slib, met grond vergeleken, een hoog gehalte fijn materiaal bevat waardoor extractie minder efficiënt verloopt en een hoog restgehalte als resultaat heeft. Consequentie voor de baggertechniek is: zo min mogelijk verdunning.

Immobilisatie wordt chemisch bereikt door het toevoegen van cement en een aantal toeslagstoffen, waardoor een betonachtig materiaal ontstaat. Deze methode heeft nog te kampen met vele onzekerheden zowel met betrekking tot het uitlooggedrag van het produkt als met betrekking tot de wettelijke normen die voor deze produkten zullen worden gesteld. Immobilisatie komt alleen in aanmerking voor de fijne fractie na fractiescheiding, en stelt dus geen speciale voorwaarden aan de baggertechniek.

Biologisch

Biologische afbraak is alleen mogelijk voor organische microverontreinigingen. Er zijn twee methoden: afbraak op land (landfarming) of onder water in beluchtingsbassins. Het laatste proces verloopt sneller dan landfarming, maar de capaciteit is uiteraard beperkt. Behandeling van grote hoeveelheden slib vereist forse verdunning met water, zodat een enorme capaciteit zou zijn. Vanwege de benodigde verdunning stelt de beluchtingsbassin-methode geen speciale eisen aan de baggertechniek. Bij landfarming wordt de specie uitgespreid op het land in een laag van ca 30 cm. Deze methode vereist dus een groot beschikbaar oppervlak. Omdat de toetreding van lucht een hoofdrol speelt moet de specie niet alleen bestaan uit de fijne fractie. Fractiescheiding kan dus beter niet worden toegepast. Bij landfarming moet het water uit het slib verdwijnen. Dit water is een potentiële bron van verontreiniging en moet behandeld worden tenzij het bij controle schoon blijkt. Het slib moet minimaal verdund worden. Dit zorgt ook voor een kleiner ruimtebeslag. Een eis aan de baggertechniek is dus minimale verdunning.

Consequenties voor meetprogramma:

- vaststellen geschiktheid sediment voor verschillende behandelingsmethoden in vooronderzoeken. Dit betreft:
 - bodemsamenstelling (algemene parameters, zie 4.2.1.)
 - scheidingstechnieken ("fingerprinting")
 - behandelingstechnieken (praktijkproeven)

Verdere consequenties voor het meetprogramma betreffen alle controle van het verloop van het scheidings- en behandelingsproces en controle van de uitgaande stromen. Hierbij moeten niet alleen de stoffracties worden gecontroleerd maar ook de waterfracties:

- controle ontwateringswater, consolidatie water, fracties;
- controle van het verloop van het scheidings- en afbraak/decontaminatieproces;
- controle van uitspoelwater;
- controle van eindprodukten.

Deze controles worden verder niet in het meetprogramma opgenomen.

Berging

De laatste "behandelingstechniek" is berging. Deze vereist geen aparte analyse. De belangrijkste punten zijn hier dat het vervoer zonder lekken plaatsvindt en dat het materiaal onder minimale opmenging met omgevingswater wordt gestort. Eis aan de baggertechniek is minimale verdunning om het volume te beperken en de verspreiding bij storten te minimaliseren.

4.5 Inventarisatie van mogelijke effecten ter plaatse en in de omgeving

Om te kunnen beoordelen welke technieken of werkzaamheden risico's met zich mee brengen moet eerst bekeken worden wat de mogelijke effecten zijn, zowel op de plaats van handeling als in de omgeving of op termijn. Deze paragraaf vormt een samenvatting van de resultaten van de causale analyses die in de vorige paragrafen zijn uitgevoerd. Het resultaat is een overzicht van de risico's die aan de diverse activiteiten en werkzaamheden verbonden zijn.

De te onderscheiden activiteiten en werkzaamheden zijn:

- verwijdering slib
- verwijdering zand
- vervoer
- berging
- mogelijke effecten in nieuwe situatie t.g.v. verandering van:
 - diepte
 - slibgedrag en doorzicht
 - resterende vervuiling

(De mogelijke effecten van de scheiding en behandeling van de specie vallen buiten het bestek van deze studie).

Als overzicht worden de aspecten en de mogelijke gevolgen daarvan in Tabellen 3 tot en met 6 samengevat.

Tabel 3 Mogelijke gevolgen van verwijdering van slib

aspecten	mogelijke gevolgen ter plaatse:	gevolgen in de omgeving of op termijn:
onvolledige verwijdering	vervuilde toplaag / vervuilde zandlaag	later mobilisatie en verspreiding van vervuiling -
verspreiding slib (vertroebeling)	verspreiding verontreiniging; onvolledige verwijdering	verspreiding van vervuiling; afdekking organismen; later mobilisatie en verspreiding van vervuiling
verspreiding verontreinigingen via opgeloste fase	opname door organismen	verspreiding van vervuiling
vrijkomen ammonium en fosfaat	stimulering groei algen; zuurstofproblemen (1)	verspreiding nutriënten

(1) ammonium- en zuurstofproblemen kunnen vooral optreden in groeiseizoen.

Tabel 4 Mogelijke gevolgen van verwijdering van zand

aspecten	mogelijke gevolgen ter plaatse:	gevolgen in de omgeving of op termijn:
verdieping	bodem-stabiliteit? hogere verblijftijd water	-

Tabel 5 Mogelijke gevolgen van vervoer en berging

aspecten	mogelijke gevolgen ter plaatse:	gevolgen in de omgeving of op termijn:
verliezen via mors en lekstromen	verspreiding van vervuiling	verspreiding van vervuiling
menging met oppervlaktewater	verspreiding van vervuiling	verspreiding van vervuiling

Tabel 6 Mogelijke gevolgen in nieuwe situatie

aspecten	mogelijke gevolgen ter plaatse:	gevolgen in de omgeving of op termijn:
grotere diepte	lagere resuspensie; mogelijk groter doorzicht	
grotere verblijftijd	mogelijk verhoogde sedimentatie en groter doorzicht	
resterende vervuiling	hogere toxiciteit ¹	

¹ In de nieuwe situatie is een bodem aanwezig met een zeer laag organisch stof percentage. Ten gevolge daarvan kan de biobeschikbaarheid van resterende vervuiling sterk toenemen en kan de toxiciteit van het sediment een toename te zien geven. Dit effect komt niet tot uitdrukking in chemisch analytische gegevens. Toxiciteitstoetsen zijn noodzakelijk.

4.6 Vaststellen van toelaatbaarheid van veranderingen

In deze fase moet worden vastgesteld welke eisen kunnen worden gesteld aan de het resultaat van de diverse activiteiten en werkzaamheden en eventueel aan de uitvoering.

De mogelijke effecten van de activiteiten en werkzaamheden staan hierboven vermeld. We kijken hier alleen naar ongewenste veranderingen.

Deze komen in hoofdzaak neer op:

- de verspreiding van verontreinigingen en nutriënten;
- verhoging biobeschikbaarheid;
- bodeminstabiliteit.

De verhoging van de verblijftijd wordt niet als een ongewenste verandering gezien.

Achterblijven en verspreiding van verontreinigingen.

De grenzen aan onvolledige verwijdering worden gegeven door de eisen aan de op te leveren bodem. Er zijn geen algemeen geldende normen vastgesteld waaraan op te leveren waterbodems moeten voldoen. Uit praktische motieven komen twee mogelijkheden naar voren:

- de kwaliteit van de onderlaag;
- de kwaliteit van het aangevoerde slib.

Vanuit het beleid kan worden gesteld dat de bodem ten minste moet voldoen aan de grenswaarde voor nieuw gevormd sediment (Algemene Milieu Kwaliteit (AMK)) of aan de strengere streefwaarde. Van groot belang is de vraag of, en zo ja hoe, deze waarden technisch kunnen worden bereikt.

Voor de onderlaag liggen de streefwaarden voor individuele PAKs op 0,003 -0,010 $\mu\text{g/kg}$, na correctie voor het minimale organisch stof gehalte van de onderlaag. Het is niet zeker dat de monsters uit de onderlaag aan de streefwaarde voldoen omdat de normen lager zijn dan de gehanteerde meetgrens, waar overigens (behalve op punt 32) bijna alle monsters onder blijven. De meetgrens ligt ongeveer op het niveau van de grenswaarden voor PAKs. Het is dan ook praktischer om de grenswaarde (AMK) als doelstelling voor de op te leveren bodem te nemen. Dit levert voor Σ_{10} PAK een grenswaarde van 0,2 mg/kg ds.

Dit betekent dat er bij zeer weinig mors /vertroebeling al een overschrijding ontstaat:

De kwaliteit van de op te leveren bodem wordt bepaald door de menging van de schone bodem met de vervuilde mors en vertroebeling. Omdat het weer gesedimenteerde vervuilde materiaal bovenop ligt is de monsterdiepte erg belangrijk. Bij een gemiddelde concentratie in het slib van 20 mg/kg (in de kom), is een bijmenging van 1 % vervuild materiaal aan de schone onderlaag al voldoende om de norm te bereiken. Dus bij een monsterdiepte van 10 cm mag maximaal 1 mm vervuild materiaal als toplaag aanwezig zijn. Dat is bijzonder weinig vergeleken met de dikte van de te verwijderen laag (zie verder 4.7.).

Het resultaat van verschillende baggermethodieken op de gegeven locatie kan alleen in de praktijk worden vastgesteld. Het is niet mogelijk op grond van bodemsamenstelling vooraf nauwkeurig te bepalen wat de bodemkwaliteit bij een bepaalde werkwijze zal zijn. In 4.7 wordt een algemeen verband afgeleid tussen percentage verliezen en toekomstige bodemkwaliteit.

De toelaatbaarheid van onvolledige verwijdering kan op twee manieren worden geregeld:

- Eisen aan het resultaat van het werk (de op te leveren kwaliteit van de bodem);
- Eisen aan de uitvoering van het werk. Deze kunnen betrekking hebben op de te gebruiken apparatuur en op de manier waarop de apparatuur gebruikt wordt.

Voor Elburg is besloten dat de verantwoordelijkheid voor de kwaliteit van de opgeleverde bodem bij de opdrachtgever ligt. Dit betekent dat eisen die aan het resultaat van het baggerwerk worden gesteld moeten worden geregeld via eisen aan de uitvoering van het werk.

Mogelijkheden om eisen te formuleren zijn:

- keuze baggertechniek.
- grenswaarden aan geproduceerde vertroebeling¹.
- aantal slagen om het baggerwerk uit te voeren.
- wijze van transport naar verwerkingsinstallatie of berging.

¹ Belangrijk is de totale verliesfractie (zie 4.7.), maar deze kan alleen achteraf worden vastgesteld als aan enkele voorwaarden is voldaan. vertroebeling fungeert in de praktijk als maat voor de totale verliezen. Uit metingen in praktijksituaties zal moeten blijken of vertroebeling als maat voor verliezen kan worden gebruikt.

De concrete invulling van de eisen hangt af van de methoden die voor controle kunnen worden gebruikt. Deze komen in de volgende fase aan de orde.

Vrijkomen van nutriënten

Wat betreft het vrijkomen van nutriënten (stikstof en fosfaat) kan worden gesteld dat dit alleen toelaatbaar is wanneer dit niet in het groeiseizoen plaatsvindt. Vooral in het voorjaar kan een nutriënten puls grote gevolgen hebben. Verder wordt het vrijkomen van nutriënten en de verspreiding van verontreinigingen door dezelfde maatregelen tegengaan. Deze problematiek hoeft daarom niet apart te worden bekeken.

Bodemstabiliteit

De stabiliteitscriteria waaraan de nieuwe bodem moet voldoen worden volledig bepaald door het ontwerp van het profiel en blijven hier buiten beschouwing.

4.7 Opstellen van controleerbare criteria

In 4.6. zijn de parameters van de risicovolle veranderingen vermeld. In deze fase moet worden vastgesteld welke parameters gemeten moeten worden en op welke wijze de toetsing plaats zal vinden. Deze metingen kunnen om twee redenen worden uitgevoerd:

- om de uitvoering van het werk te sturen;
- om het resultaat van het werk te controleren.

Dit komt ongeveer overeen met het tijdstip van meten: tijdens het werk of achteraf.

Tabel 7 Parameters voor het meten van risicovolle veranderingen

verandering	te meten parameters	toetsingswaarde
verspreiding vervuiling	-vertroebeling -concentraties in water tijdens baggeren	
onvolledige verwijdering	concentraties in nieuwe bodem	$\Sigma 10 \text{ PAKs} < 0,2 \text{ mg/kg}$ (zie verder 4.7.)
nutriënten puls	N en P concentraties in water tijdens baggeren	is afhankelijk van seizoen.(2)
stabiliteit bodemprofiel	ontwerp	goedkeuring door ?
transport/vervoer	lek en mors, visuele inspectie	(3)

(2) In de winter niet van groot belang zolang de totale hoeveelheid binnen de perken blijft

(3) Lek en mors tijdens vervoer worden, wanneer ze binnen het systeem plaatsvinden, gemonitord via de verspreidingsmonitoring en de controle van de opgeleverde kwaliteit. Bescherming tegen dit risico moet plaatsvinden door voorschriften ten aanzien van de te gebruiken middelen (gesloten bakken; hydraulisch transport, etc.) en visuele inspectie van het gebruik van de middelen. Bescherming buiten het systeem moet worden geboden door de keuze van het materieel en visuele inspectie van het gebruik. Terugvallen op een monitoring systeem is daar niet mogelijk.

De belangrijkste te controleren zaken zijn:

- onvolledige verwijdering
- verspreiding verontreiniging
- toxiciteit

Daarvoor moeten in ieder geval de volgende parameters gemeten worden:

- vertroebeling,
- concentraties van PAKs in waterfase, opgeleverde bodem en fracties na behandeling,
- organotin (tenzij dit niet belangrijk blijkt),
- concentraties van metalen,
- toxiciteit van opgeleverde bodem en fracties,
- zuurstof,
- ammonium,
- PO₄.

Onvolledige verwijdering

Onvolledige verwijdering wordt veroorzaakt door materiaal dat niet wordt afgevoerd terwijl het wel had moeten worden verwijderd. Het kan gaan om materiaal dat wel wordt opgepakt maar weer terugvalt, materiaal dat wordt "vergeten" tijdens het baggeren of materiaal dat in de waterkolom komt en weer sedimenteert. Tezamen vormen deze fracties de verliezen. Hier worden twee fracties onderscheiden op grond van de mogelijkheid tot verspreiding:

- Mors is materiaal dat blijft op de plaats waar gebaggerd wordt,
- vertroebeling is materiaal dat in de waterkolom terecht komt en weer sedimenteert, al of niet in het baggervak.

Verspreiding

Verspreiding van verontreiniging vindt plaats door vertroebeling en door menging van poriënwater met waterkolom. Maatregelen die *het ontstaan* van vertroebeling beperken zorgen ook voor beperking van de menging.

Het onderscheid is belangrijk voor de grootte van het beïnvloede gebied:

- mors blijft op de plek waar gebaggerd wordt,
- vertroebeling kan zich verspreiden over een groter gebied, afhankelijk van de waterbeweging, maar zal weer sedimenteren,
- menging kan leiden tot transport van opgeloste verontreinigingen die zich nog verder kunnen verspreiden en in oplossing kunnen blijven.

Nieuwe bodemkwaliteit

Om in te schatten wat het effect is van de verliezen op de nieuwe bodemkwaliteit kunnen we als uitgangspunt nemen dat nagenoeg alle vervuiling aan de deeltjes vastzit. In de bodem is de geadsorbeerde fractie zelfs voor relatief goed oplosbare verbindingen > 98 % (Zwolsman en Goossens, 1993). De eventuele desorptie van organische microverontreinigingen is waarschijnlijk langzaam, zodat we er voor onderstaande benadering van uitgaan dat geen substantiële invloed op de nieuwe *bodemkwaliteit* optreedt. Voor de *waterkwaliteit* en de toxiciteit ligt dit anders (zie hieronder).

Als eerste benadering kunnen de drie vormen van verlies samen worden genomen (mors + vertroebeling + menging) als één totale verliesterm.

Wanneer het hele systeem gebaggerd wordt, zoals in Elburg, kan gesteld worden dat het beïnvloede gebied uiteindelijk even groot is als het gebaggerde gebied, vooropgesteld dat verspreiding naar het naburige systeem voorkomen wordt. Immers, eenzelfde hoeveelheid als zich verspreidt uit een baggervak via vertroebeling komt weer terug wanneer de naburige baggervakken worden gebaggerd. Het uiteindelijk resultaat is dus dat op de nieuwe bodem een afdeklaag van oud materiaal terecht komt met een gemiddelde dikte die volgt uit de hoeveelheid totale verliezen (mors + vertroebeling + menging) gedeeld door de oppervlakte van het gebaggerde gebied.

Wanneer de gezamenlijke verliezen worden opgegeven als een percentage van de gebaggerde hoeveelheid, kan worden gesteld:

Productie:

Gebaggerd oppervlak (O) * dikte van de gebaggerde laag (d) =
Gebaggerd volume (Vol):

$$\text{Vol} = O * d$$

en

Verlies: Verliesfractie (Vls) * Vol,

Bij het omrekenen van de verlies fractie naar de dikte van de afdeklaag moet rekening gehouden worden met "bulking", die zorgt voor een volume toename van het materiaal in de afdeklaag tov de oorspronkelijke bodem. Dit wordt meegenomen in de "bulking factor" BF. Deze moet worden ingeschat.

Daarmee is de dikte van de afdeklaag (L):

$$= (Vls * Vol * BF) / O$$

ofwel

$$L = (BF * Vls * O * d) / O \quad \text{dus} \quad L = BF * Vls * d.$$

Bij een vastgestelde monsterdiepte kan de nieuwe bodemkwaliteit berekend worden uit de relatieve bijdragen van de afdeklaag en de onderlaag en de bijbehorende bodemkwaliteiten. De bijdrage van de afdeklaag wordt bepaald door de laagdikte dus door het volume. De metingen van bodemkwaliteit zijn echter op gewichtsbasis.

Er moet dus nog een omrekening plaatsvinden van gewichtsbasis naar volumebasis waarvoor de in-situ_dichtheden van de vervuilde laag en de onderlaag (D_v en D_o , respectievelijk) nodig zijn.

De kwaliteit van de nieuwe bodem kan nu worden berekend, uitgaande van de kwaliteit van de vervuilde laag ($Kwal_v$) en de kwaliteit van de onderlaag ($Kwal_o$).

Daarbij gaan we uit van de bodem kwaliteiten zoals ze gemeten worden, dus op gewichtsbasis. Massa betekent: hoeveelheid in gewichtseenheden.

Voor de nieuwe situatie geldt:

De nieuwe kwaliteit van het bodemonmonster is:

$$\text{massa_tox} / \text{massa.}$$

Deze is als volgt te berekenen:

- Het totale verlies bij baggeren (op volumebasis) is:

$$\text{Verlies:} \quad = Vls * O * d$$

Deze vormt de afdeklaag (index a).

- De dikte van de afdeklaag is:

$$\text{Laagdikte afdeklaag:} \quad L = Vls * d * BF$$

- De massa van de afdeklaag is:

$$\text{Massa afdeklaag:} \quad \text{Massa_a} = Vls * O * d * D_v$$

- Deze massa bevat een massa toxicant ter grootte van:

$$\text{Massa toxicant afdeklaag:} \quad \text{Massa_tox_a} = Vls * O * d * D_v * Kwal_v$$

Wanneer een monster van 10 cm diepte wordt gestoken kan de bijdrage van de onderlaag (index o) worden berekend. 10 cm is een goede maat omdat de laag die door organismen wordt omgewoeld (de bioturbatie laag) vaak ongeveer zo dik is. Een andere diepte kan echter ook. De afleiding gaat wel uit van een steekmonster met rechte kanten, zodat het oppervlak onderin het monster gelijk is aan de oppervlakte bovenin het monster. Daardoor is de bijdrage van de afdeklaag in het monster lineair afhankelijk van de laagdikte. Een "grab" monster (van Veen happer, bijvoorbeeld) voldoet niet aan deze eis omdat niet goed duidelijk is welke bijdrage de afdeklaag heeft in het monster.

De dikte van de onderlaag is: $10 - L$:

Het volume van de onderlaag is:

$$\text{Volume onderlaag:} \quad \text{Vol_o} = O * (10 - L) = O * (10 - Vls * d * BF)$$

De massa van de onderlaag is:

$$\text{Massa onderlaag:} \quad \text{Massa_o} = \text{Vol_o} * D_o = O * (10 - Vls * d * BF) * D_o$$

De massa toxicanten in de onderlaag is:

Massa toxicanten onderlaag:

$$\text{Massa_tox_o} = \text{Massa_o} * Kwal_o = O * (10 - Vls * d * BF) * D_o * Kwal_o$$

De gemiddelde kwaliteit van het monster van de nieuwe bodem is daarmee:

Nieuwe kwaliteit:

$$Kwal_N = Massa_tox / massa \\ = (Massa_tox_a + Massa_tox_o) / (Massa_a + Massa_o)$$

Invullen van bovenstaande formules en omwerking levert de volgende formule voor de nieuwe bodemkwaliteit:

$$Kwal_N = \frac{Vls*d*(D_v*Kwal_v - BF*D_o*Kwal_o) + 10*D_o*Kwal_o}{Vls*d*(D_v - BF*D_o) + 10*D_o}$$

In deze formule staan een aantal gegevens die van te voren kunnen worden gemeten:

Kwal_v, Kwal_o, D_v en D_o

De waarde voor d is ook bekend.

Wanneer een waarde aangenomen wordt voor de Bulking Factor kan worden uitgerekend welke nieuwe bodemkwaliteit te verwachten is bij een bepaald verliespercentage.

Als voorbeeld zijn drie figuren (figuren 2, 3 en 4) opgenomen die de nieuwe bodemkwaliteit weergeven als functie van het verliespercentage bij drie verontreinigingsniveaus van de vervuilde laag, onder aanname van waarden voor de bulkingfactor en de andere gegevens. De aannamen zijn ontleend aan metingen in de haven van Elburg en staan onderin de figuren vermeld.

Tevens is bekeken welk effect de bulkingfactor en de dichtheid van de vervuilde laag hebben op de nieuwe kwaliteit.

Dit effect blijkt uit het verschil tussen getrokken en gestippelde lijnen. De waarde van de dichtheid van de vervuilde laag of de grootte van de bulkingfactor speelt hierin geen doorslaggevende rol.

Ook het buiten beschouwing laten van bulking ($BF = 1$) verandert de figuur niet essentieel. Uit deze figuren blijkt duidelijk dat in reële situaties een "schone bodem" slechts bereikt kan worden met onrealistisch lage verliespercentages.

De reden hiervoor is het grote verschil tussen de concentratie in de vervuilde laag waarvoor een saneringsindicatie bestaat (B waarde Σ_{10} PAKs: 20 mg/kg) en de concentratie in een "schone" bodem (A waarde Σ_{10} PAKs: 1 mg/kg).

Een tweede slag (schoonmaak slag) waarin een laag wordt gebaggerd met een gemiddeld lagere vervuilingsgraad (door het meenemen van "schoon" materiaal) blijkt noodzakelijk.

Kwal_N is het gewogen gemiddelde van de kwaliteit van afdeklaag en onderlaag gecorrigeerd voor volume effecten.

Zoals boven al vermeld, is de techniek van bemonsteren belangrijk. Wanneer bij het nemen van de monsters geen aandacht wordt besteed aan de verhouding tussen hoeveelheid onderlaag en bovenlaag in het monster (bijvoorbeeld bij monsternen met een van Veen happer) kunnen variërende waarden voor Kwal_N ontstaan bij een identieke bodemopbouw. Alleen wanneer het bodemmateriaal homogeen is, is de manier van monsternamen niet belangrijk. Een correcte vergelijking van de bodemkwaliteit vóór en na het baggeren is dus afhankelijk van de monsternametechniek.

De nieuwe kwaliteit van de bodem kan op zijn best de kwaliteit van de onderlaag zijn. De nieuwe kwaliteit wordt bepaald door zowel de dikte van de afdeklaag (de verliezen * bulking factor) als door het kwaliteitsverschil tussen de lagen.

In deze benadering is als uitgangspunt gehanteerd dat de kwaliteit van de afdeklaag gelijk is aan de kwaliteit van de te baggeren laag. Dit is niet zonder meer waar. Het kan zijn dat het verliesmateriaal (de afdeklaag) een andere (hogere) vervuilingsgraad heeft dan het bulkmateriaal omdat het bijvoorbeeld een relatief grote fractie fijn materiaal bevat.

Dit verschil kan in de formule worden ingebracht door een extra vermenigvuldigingsfactor (CF) voor Kwal_v:

$$Massa_{tox_a} = Vls * O * d * D_v * CF * Kwal_v$$

Het is natuurlijk ook mogelijk om met een aangepaste waarde voor Kwal_v te werken. Of zo'n correctie term noodzakelijk is moet in praktijk metingen worden vastgesteld.

Het effect van een "tweede schoonmaakslag" kan eenvoudig worden meegenomen in de berekening door eerst de berekening te doen voor de eerste slag en daarna de berekening te herhalen met de berekende kwaliteit voor Kwal-1.

Deze benadering gaat ervan uit dat alle verliezen gemiddeld weer ter plaatse op de bodem terecht komen. Dit is alleen het geval wanneer het hele systeem gebaggerd wordt en verspreiding buiten het systeem wordt voorkomen. Wanneer een gedeelte gebaggerd wordt moet inzicht worden verkregen in de verspreiding van de vertroebeling en de opgeloste vervuiling. Het oppervlak waarover de verliezen zich verspreiden wordt dan groter en de laagdikte aan de randen van het gebaggerde gedeelte wordt dan kleiner. Binnen het gebaggerde gebied blijft dezelfde redenering geldig als in een afgesloten systeem, tenzij er substantiële afvoer van vertroebeling door stroming optreedt. In dat geval is voor een inschatting van de te verwachten bodemkwaliteit ook inzicht nodig in de verdeling van de verliezen over mors en vertroebeling.

Ook binnen een baggergebied kunnen inhomogeniteiten ontstaan wanneer de verliesfracties op een beperkt oppervlak geconcentreerd worden. Dit is bijvoorbeeld het geval wanneer bij het baggeren van een talud de mors afvloeit naar de teen van het talud. Het vervuilde materiaal hoopt zich dan op waar de teen in de bodem overgaat. Ook kan vertroebeling in verhoogde mate sedimenteren op bepaalde plaatsen (kuilen, hoeken).

Op deze plaatsen zal een relatief grotere laagdikte zorgen voor een slechtere bodemkwaliteit. De keuze van de monsterpunten kan daarom doorslaggevend zijn.

Toxiciteit

De toxiciteit van de verontreinigingen wordt niet alleen door de concentratie bepaald maar ook door de biobeschikbaarheid. In het algemeen is de opgeloste fractie beschikbaar voor opname door organismen. Adsorptie aan deeltjes, vooral aan organisch materiaal, beperkt de biobeschikbaarheid. Vandaar dat in de normering voor bodems het organisch stof gehalte een belangrijke factor is. Er is weinig inzicht in de invloed van baggeractiviteiten op de toxiciteit. De toxiciteit kan niet worden afgeleid uit concentratiemetingen. Een indicatie van biobeschikbaarheid en toxiciteit kan echter rechtstreeks verkregen worden met toxiciteits-toetsen en bioaccumulatie proeven.

Toxiciteit proeven:

- indicatief omdat er weinig inzicht is; hoofddoel: opdoen van ervaring;
- metingen vóór, tijdens en na de activiteiten;
- doel: inzicht verkrijgen in bioaccumulatie en toxiciteit en in de invloed van veranderd (lager) organisch stof gehalte van de nieuwe bodem.

Controleerbare criteria

Eindcriteria voor toetsing zijn:

- nieuwe bodemkwaliteit;
- waterkwaliteit tijdens en na het baggeren.

Om te achterhalen wat er moet gebeuren om aan deze eindcriteria te voldoen moet een inschatting worden gemaakt van de verliesfractie. Die kan niet tijdens het werk worden gemeten maar alleen achteraf vastgesteld. Wel kan vooraf worden vastgesteld wat de maximaal toelaatbare verliesfractie is.

Op grond van een reële schatting van de totale verliesfractie van een baggertechniek in een gegeven systeem kan vooraf worden bepaald hoe de werkzaamheden moeten worden ingericht. Het meten voor controle en sturing wordt dan beperkt tot controle achteraf.

Verliesfractie, d.w.z. vertroebeling, mors en mengfractie

- vertroebeling kan redelijk worden ingeschat met behulp van bekende metingen. Inzicht in de verandering van de deeltjesgrootte samenstelling tijdens het bezinkingsproces en de vervuilingsgraad van de verschillende fracties zou een belangrijke aanvulling zijn. vertroebeling draagt bij aan de verliesterm en is daarmee mede bepalend voor de nieuwe bodemkwaliteit.

- mors is niet direct te kwantificeren, tenzij er een parameter is die een duidelijk verschil vertoont tussen boven en onderlaag (bijv. slib / zand, dichtheid, etc.). Omdat mors min of meer ter plaatse blijft, is de invloed op de verspreiding vermoedelijk gering ten opzichte van de vertroebeling. Daarom wordt verondersteld dat mors alleen belangrijk is voor de nieuwe bodemkwaliteit en niet voor de verspreiding. De nieuwe bodemkwaliteit kan alleen achteraf worden gemeten. Met gegevens over de kwaliteit van onderlaag en bovenlaag en de kwaliteit van de nieuwe bodem kan de totale verliesfractie, in principe, worden berekend.
- De optredende menging met de waterkolom zou, in theorie, gemeten kunnen worden aan parameters waarvoor een groot verschil bestaat tussen concentratie in poriënwater en oppervlaktewater. Door de grote verdunning (het volume van het poriënwater is gering tov het volume van de waterkolom) is de invloed van poriënwater op de waterkolom gering. Waarschijnlijk levert een berekening van het volume poriënwater dat mengt (mbv porositeit en een inschatting van de verliesfractie) een nauwkeuriger schatting van de mengfractie op dan met metingen kan worden verkregen.

Toxiciteit

- Toxiciteit kan direct gemeten worden met toxiciteitstesten. Enkele testen zijn operationeel.
- Bioaccumulatie kan gemeten worden met geschikte proefdieren in kooien ter plaatse. Bij het RIZA is ervaring met het uitvoeren van toxiciteitstesten.

4.8 Baggerplan

In deze paragraaf wordt ingegaan op de aspecten van het baggerplan die te maken hebben met de voorwaarden en consequenties die in de analyse naar voren zijn gekomen.

Voor het opzetten van een adequaat baggerplan zijn de volgende randvoorwaarden afgeleid:

- Vaststellen op welke manier met eventueel aanwezig grof vuil moet worden omgegaan.
- Het zo veel mogelijk voldoen bij de uitvoering aan de volgende twee eisen (door keuze techniek en eisen aan uitvoering):
 - * voorkomen verspreiding van opgeloste en geadsorbeerde verontreinigingen door:
 - het minimaal genereren van vertroebeling
 - het proceswater niet zonder behandeling terug in het systeem te brengen
 - * zorgen voor zo volledig mogelijke verwijdering door:
 - minimale verliezen bij baggeren
 - het uitvoeren van een opschoonslag
- Voor het baggeren van de moeilijk bereikbare delen van de haven een methode vaststellen die zoveel mogelijk voldoet aan bovenstaande eisen.

Wanneer aan deze eisen niet voldoende kan worden voldaan, moeten de moeilijk bereikbare delen van de rest van de haven worden geïsoleerd totdat de nieuwe evenwichtsverdeling van verontreinigingen over opgelost en geadsorbeerd is ingesteld en het zwevend materiaal is bezonken.

- Bij de uitvoering moet op het functioneren van de riooloverstort worden gelet.
- De baggerwerken moeten buiten het groeiseizoen worden uitgevoerd om te voorkomen dat er zuurstofproblemen ontstaan en/of dat de vrijkomende nutriënten een algenbloei doen ontstaan.

N.B. De eisen die de verwerkingstechnieken stellen aan de specie (bijvoorbeeld de dichtheid van de specie) kunnen (mede) bepalend zijn voor de te kiezen techniek. Vooral de mogelijkheden tot behandeling van het proceswater van de behandelingsprocessen (scheiding, ontwatering, etc.) spelen een belangrijke rol.

4.9 Meetprogramma

Vooraf:

- aanvullende basis informatie (gedeeltelijk al gedaan):
 - voor baggerproces: Atterbergse grenzen, sedimentatie snelheid, rheologische eigenschappen, volume gewicht nat (in situ), volume gewicht droge stof, schuifsterkte, druksterkte.
 - organotin ¹
 - zwevend-stof kwaliteit²
 - toxiciteit
 - bioaccumulatie
 - zie verder 4.2.3.b. acties bij Tabel 2.
- vooronderzoek naar te verwachten vertroebeling door gekozen baggertechniek
- vooronderzoek naar te verwachten mors bij gekozen baggertechniek
- menging van poriënwater kan berekend worden uit porositeit en verliespercentage van de baggertechniek uit vooronderzoek

Tijdens:

informatie:

- standaard vertroebelingsmeting
- verspreiding vervuiling (opzet als onder beschreven inclusief sedimentvallen³)
- waterkwaliteit (pH, zuurstof, ammonium, nitraat, o-fosfaat, geleidendheid)
- bioaccumulatie
- toxiciteit

sturing en controle:

- baggertechnische controle (productie, profiel, positie, etc.)
- vertroebelingsniveau tijdens baggeren
 - continu turbidometer(s) met ijking op gezette tijden op relevante afstand, afhankelijk van baggertechniek
- sedimentvallen met regelmatige bemonstering kunnen fungeren als indicatoren van totaal geproduceerde vertroebeling per periode
- zuurstof (indien uit vooronderzoek blijkt dat dat van belang is)

Achteraf:

informatie:

- bioaccumulatie
- toxiciteit
- nieuwe bodemkwaliteit

controle:

- baggertechnische controle
 - uitpeiling profiel

- ¹ organotin: Enkele metingen op plaatsen waar relatief hoge concentraties kunnen worden verwacht, i.e. bij ligplaatsen en bij de hellingen van scheepswerven. (eenmalig)
- ² zwevend stof kwaliteit: eenmalige meting in stadsgracht
- ³ Een sedimentval is een bakje van een geschikte vorm (koker, trechter o.i.d.), opgehangen in de waterkolom, dat sedimenterend materiaal invangt en waar het materiaal niet meer uit komt. Dit wordt in de ecologie / oceanografie / wateronderzoek veel gebruikt om sedimentatie van zwevend materiaal te kwantificeren en om de samenstelling van zwevend materiaal te onderzoeken. Door integratie over de tijd kan de inhoud als maat gebruikt worden voor de geproduceerde vertroebeling gedurende een periode. Bovendien kan de samenstelling van het weer sedimenterende materiaal worden vastgesteld.

Opzet van een meting van verspreiding van organische microverontreinigingen

De verspreiding van organische microverontreinigingen kan worden gemeten in een eenmalige meting in combinatie met een vertroebelingsmeting. Daartoe moet vóór, tijdens en na een aantal uren baggeractiviteit een raai van het baggervaartuig af worden bemonsterd. In de monsters worden totaalconcentraties bepaald van een serie individuele verbindingen alsmede zwevend stof, POC of TOC, en DOC. Er wordt geen scheiding tussen geadsorbeerde en opgeloste verbindingen uitgevoerd vanwege de experimentele problemen met het afscheiden van deeltjes en de onzekerheid over de resultaten.

De te meten verbindingen moeten zo gekozen worden dat ze een serie vormen met verschillende fysisch chemische eigenschappen. In Elburg kan het beste de serie PAKs worden gemeten. Met inzicht in het gedrag van de individuele componenten (in relatie tot de fysisch chemische eigenschappen) kan theoretisch worden afgeleid hoe andere organische microverontreinigingen zich waarschijnlijk zullen gedragen.

Met deze gegevens kan worden vastgesteld of verontreinigingen zich identiek aan zwevend stof gedragen. Met behulp van de resultaten van de vertroebelingsmeting voor het gedrag van zwevend materiaal kan dan de mogelijke verspreiding via deeltjes worden ingeschat. Gezien de onnauwkeurigheden is het verstandig om een raai van minimaal zes monsterpunten te nemen op een absoluut grid, dus niet relatief tov het baggervaartuig. Dit maakt het mogelijk om te achterhalen wat er in de tijd op een monsterpunt gebeurt.

De monsters moeten worden genomen op een diepte van ca 0,5 - 1 meter boven de bodem om vertroebelend materiaal te bemonsteren zonder dat het risico bestaat dat de bodem door het monstren wordt verstoord.

De onderlinge afstand van de monsterpunten in de raai is afhankelijk van de verspreiding van de vertroebeling, dus van de snelheid waarmee vertroebelend materiaal weer sedimenteert (en eventueel van andere vertroebelingsbronnen). Deze afstand moet worden bepaald op grond van de ervaringen in het systeem met de baggertechniek, voorafgaande aan de meetdag(en). Deze methodiek is toegepast bij vertroebelingsmetingen in Wijk bij Duurstede en in het Haringvliet (Pennekamp et al., 1993; Goossens, in prep.). In aanvulling op deze bemonsteringen kunnen sedimentvallen worden geplaatst. De positie van deze sedimentvallen hangt af van het baggerplan, en moeten zo gekozen worden dat ze de voortgang van het baggervaartuig niet belemmeren en toch voldoende materiaal invangen. De hoeveelheid materiaal in een val per tijdseenheid (bijvoorbeeld per dag en gecorrigeerd voor achtergrond sedimentatie) is een indicatie van de geproduceerde vertroebeling. De samenstelling (korrelgrootteverdeling, % organic matter, % organic carbon, en kwaliteit (PAKs, PCBs etc.) is indicatief voor de kwaliteit van de nieuwe afdeklaag en geeft belangrijke informatie over de mogelijke verspreiding van verontreinigingen.

Naast deze metingen moeten een aantal bodemparameters gemeten worden op de plaats waar gebaggerd wordt. Dit zijn: concentraties organische microverontreinigingen, organisch materiaal, POC, DOC, porositeit, ammonium, nitraat en o-fosfaat.

De boven beschreven meting is eenmalig en levert daarmee vooral informatie op over de milieukwaliteit van de toegepaste baggertechniek in het betrokken systeem.

Sturing van het baggerproces door terugkoppeling van verspreidingsgegevens op de operationele aspecten van de baggertechniek, is technisch niet mogelijk. De verwerkingstijd van de monsters is daarvoor te lang. Deze koppeling zou alleen door vooronderzoek kunnen worden gelegd.

Echter, ook de kosten van de analyses beperken de mogelijkheden.

Praktijkervaring zal moeten uitwijzen of sedimentvallen in de toekomst kunnen fungeren als een simpel middel voor de controle van de uitvoering van een baggerwerk.

5 Evaluatie

Het project had een tweeledig doel: het opstellen van een meetprogramma voor de sanering van de haven van Elburg en het ontwikkelen van een algemeen toepasbare methode voor het opstellen van een meetprogramma voor een saneringswerk. Vooral dit tweede gedeelte maakte het project erg complex. Baggeractiviteiten hebben te maken met zeer veel, sterk verschillende milieu-aspecten die afhankelijk zijn van de lokatie. Een algemeen toepasbare methode moet deze verschillende situaties aankunnen met eenzelfde methode.

Het opstellen van een meetprogramma voor een saneringswerk is de laatste fase van een proces waarin bepaald wordt hoe een probleem dat onderkend is wordt opgelost. Immers, alvorens bepaald kan worden wat, waar, wanneer en hoe gemeten moet worden, moet bekend zijn wat er precies gaat gebeuren. Tijdens dit proces waarin de weg van probleem tot oplossing wordt uitgestippeld, komen allerlei consequenties voor het meetprogramma naar voren. Voor het achterhalen van deze consequenties wordt een analyse uitgevoerd die in deze studie *monitoringanalyse* is genoemd. In deze monitoringanalyse zijn verschillende fasen te onderscheiden: van een nadere definitie van het probleem en van de gewenste nieuwe situatie tot het bepalen welke acties worden gepleegd om die gewenste situatie tot stand te brengen. Tenslotte volgt het opstellen van een meetprogramma.

Het feitelijke meten in een project vindt op verschillende momenten plaats. *Vóór*af voor het leveren van informatie, bijvoorbeeld over de feitelijke situatie en over de eigenschappen van het sediment die van belang zijn voor de keuze van de oplossingsmethoden.

Tijdens het uitvoeren van de werken voor het sturen van en de controle op de uitvoering van het werk en *achter*af voor het controleren van het resultaat.

Wat er moet worden gemeten, en hoe, blijkt dan ook in verschillende fasen van de monitoringanalyse. Het meetprogramma ontstaat dus als consequentie van het uitvoeren van de monitoringanalyse.

De monitoringanalyse zelf is eigenlijk een formalisering van de voorbereiding van een saneringsproject en zou daarom gedurende het voorbereidingsproces van een project moeten worden uitgevoerd.

In deze studie is het hele traject van monitoringanalyse doorlopen. De definitie van de fasen van de monitoringanalyse is gebaseerd op de volgorde waarin informatie moet worden verwerkt: Je moet bijvoorbeeld eerst weten welke eisen aan het resultaat gesteld worden voordat bepaald kan worden hoe het werk moet worden uitgevoerd. Deze indeling voor de monitoringanalyse komt niet precies overeen met de fasen van het saneringsproces zelf.

Bovendien is het zo dat de monitoringanalyse vaag begint en steeds concreter wordt totdat uiteindelijk een meetprogramma is gedefinieerd. Dit kan echter bij de lezer die vooraan begint, in het vaagste gedeelte dus, het gevoel oproepen dat het allemaal wel erg vaag is. Het vraagt een zekere volharding van de lezer die meer geïnteresseerd is in de resultaten dan in de methodiek, om het gedeelte met de resultaten te bereiken. Deze lezer moet echter bedenken dat het in dit project naast het afleiden van een meetprogramma ook gaat om de verduidelijking van een algemeen toepasbare methodiek. Voor het project Elburg is een gedeelte van de monitoring analyse van ondergeschikt belang omdat het systeem geen bijzondere ecologische eigenschappen of gevoeligheden heeft. Toch zijn deze delen van de analyse opgenomen om de algemene methodiek duidelijk te maken.

Men kan eventueel volstaan met het selectief lezen van de conclusie paragrafen van de verschillende fasen.

Tenslotte moet er nog op gewezen worden dat de specificatie van een meetprogramma erg afhankelijk is van de mate van duidelijkheid over wat er gaat gebeuren. Een probleem daarbij is dat een gedeelte van die duidelijkheid pas ontstaat tijdens of na de gunningsfase van een project.

Het gevolg is een meetprogramma waarin wel wordt aangegeven wat gemeten moet worden, maar niet hoe.

Ook de geringe ervaring met (chemische) milieumetingen heeft ertoe geleid dat het chemische meetprogramma vooral moet worden gezien als een eerste benadering, waarvan de waarde moet blijken uit de resultaten.

Een "standaard meetprogramma voor saneringswerken" is niet aan de orde, zowel omdat elke saneringssituatie zijn unieke eigenschappen heeft, als omdat er erg weinig ervaring met meten is in deze projecten.

De in dit rapport beschreven methode gaat in principe uit van een volledige analyse van alle milieuaspecten van baggeractiviteiten. Het idee is dat uit lijsten met potentiële milieuaspecten voor een concreet project die aspecten worden geselecteerd die in het betrokken project aan de orde zijn. Deze aspecten kunnen dan worden bekeken in relatie tot de voorgenomen activiteiten. Uit deze beschouwing wordt duidelijk welke problemen er in het betrokken project kunnen spelen, waarna kan worden vastgesteld hoe het project het beste kan worden uitgevoerd en hoe de sturing en controle kan plaatsvinden. Een en ander is uitgebreid besproken in hoofdstuk 3.

Het ingewikkelde nu is dat elk milieu-aspect dat door een baggeractiviteit wordt beïnvloed zelf ook weer een beïnvloedende rol kan gaan spelen in het milieu en dus op dezelfde manier moet worden bekeken als een baggeractiviteit. Wanneer bijvoorbeeld het effect van een baggeractiviteit is dat het zwevend stof gehalte wordt verhoogd, dan heeft dit hoge zwevend stof gehalte zelf ook weer gevolgen, enz. Zo ontstaat er een effectenketen die soms lang kan zijn. Bovendien komen in die keten aspecten voor die ook door andere activiteiten worden beïnvloed, zodat er ook dwarsverbanden ontstaan tussen effectenketens.

Een groot probleem in het project was om een juiste structuur te vinden om de complexiteit van het probleem zo te reduceren dat de werkwijze ook op papier uit te leggen was. Het ging immers niet alleen om de resultaten maar ook om de werkwijze voor het verkrijgen van die resultaten.

Een volledige analyse van een beetje complex aspect is al snel veel te omvangrijk om geheel op te schrijven, als het al mogelijk is met de vaak onvolledige informatie de analyse volledig uit te voeren.

Het bleek dat zonder verdere formalisering in een computer programma het analyse proces alleen uitvoerbaar bleef door, waar mogelijk, op grond van expertise te besluiten mogelijke beïnvloedingen niet verder te analyseren en conclusies te trekken.

Dit gebruik van expertise mocht echter de algemene toepasbaarheid niet aantasten. De oplossing voor de noodzakelijke vereenvoudiging van de volledige analyse werd gevonden in het onderscheiden van een aantal taken die in de onderscheiden fasen van de analyse telkens terugkeren:

1. Bepalen aspecten.
2. Vaststellen informatiebehoefte en analyse van de beschikbare informatie.
3. Analyseren van de verschillende aspecten op oorzaken en mogelijke gevolgen.
4. Vaststellen voor de verschillende aspecten wat belangrijke voorwaarden en consequenties zijn. Deze kunnen betrekking hebben op de inhoud of uitvoering van het meetprogramma.
5. Opstellen van conclusies, tevens samenvatting van de resultaten.

Binnen deze taken is geen verdere methode geformaliseerd. Voor de eerste taak zijn echter, als hulpmiddel, lijsten van milieuaspecten opgesteld waaruit gekozen kan worden welke aspecten in de lokale situatie van belang worden geacht.

Daarmee is de analyse zelf gestructureerd maar laat binnen de taken vrijheid aan de gebruiker om zelf het niveau van analyse te bepalen.

In de toekomst zouden deze taken kunnen worden ondersteund met geformaliseerde systemen, zoals protocollen, computermodellen, kennissystemen, decision support systeem, etc.

Een tweede vorm van reductie is geweest om de studie te beperken tot het proces van baggeren sec bij een saneringswerk en de verwerking van de specie buiten beschouwing te laten. De aanvankelijk wel uitgevoerde analyse van de aspecten van de verwerkingstechnieken is daarom niet voortgezet en beschreven.

In de fase van het concretiseren van het meetprogramma is uitgebreid gediscussieerd over welke eisen gesteld zouden kunnen en moeten worden aan het uitvoeren en het resultaat van een werk. Deze eisen zijn nodig om de aanpak voor een bepaald werk vast te kunnen stellen. Daarbij is het van belang dat zulke eisen realistisch zijn en gecontroleerd kunnen worden. Met name op dit vlak ontstaan problemen.

Het doel van een saneringsoperatie, bijvoorbeeld, is uiteraard dat de bodem schoon wordt. Het is echter niet echt duidelijk welke eisen daarvoor moeten worden gesteld. Kernpunt in deze problematiek is dat vooraf niet goed bekend is wat de totale verliesterm (vertroebeling + mors + andere verliezen) van een baggertechniek in een specifiek systeem is. Het is al moeilijk om achteraf vast te stellen wat de totale verliesterm is geweest. Daarom is een methode opgesteld, gebaseerd op meetbare parameters, om te berekenen hoe het resultaat (de nieuwe bodemkwaliteit) samenhangt met de grootte van de verliesterm. De resultaten van zo'n berekening voor Elburg laten zien dat een klein verliespercentage al een bodem oplevert die niet aan de normen voldoet. Een opschoonslag is bij een saneringsproject daarom al snel onvermijdelijk.

Ook de monstertechniek voor het nemen van de bodemonsters is van belang voor het bepalen van de nieuwe kwaliteit, omdat de totaal concentratie in het monster bepaald wordt door de mengverhouding van schone onderlaag en vervuilde afdeklaag.

In het algemeen kan men stellen dat de meettechnieken (nog) niet toestaan dat een milieu-chemische kwaliteitscontrole on line met het uitvoeren van het werk kan worden gedaan. Door de noodzaak monsters te nemen die in het lab worden geanalyseerd komen de resultaten te laat beschikbaar om de uitvoering van het werk te sturen. Bovendien loopt het aantal monsters, en daarmee de kosten, snel op. Het chemische meet programma heeft daarom vooral het karakter van informatieverzamelen en van controle achteraf. De stuurfunctie van een meetprogramma bij de uitvoering blijft noodgedwongen grotendeels achterwege. Deze stuurfunctie blijft beperkt tot het opstellen van richtlijnen voor het uitvoeren van het project, vooraf. Nieuwe ontwikkelingen zouden moeten worden gestuurd in technieken die on line de resultaten beschikbaar maken (electronische technieken) en methoden die een integratie over ruimte en/of tijd inhouden. Alleen het plaatsen van sedimentvallen biedt een mogelijkheid om tijdens de uitvoering van het werk inzicht te krijgen in de eventuele verspreiding van zwevend materiaal en daaraan geadsorbeerde verontreiniging. Doordat deze aanpak sedimenterende vertroebeling over de tijd integreert biedt het, in principe, een gunstige verhouding tussen meetinspanning en inzicht.

In toekomstige projecten kan deze techniek wellicht gebruikt worden als een controlemethodiek.

Met de verzamelde informatie wordt broodnodige kennis opgedaan over het gedrag van verontreinigende stoffen tijdens het uitvoeren van baggerwerken. Daarmee kan in toekomstige projecten beter worden bepaald wat nodig en haalbaar is.

Naast de vervuilingsproblematiek speelt de eutrofiëringsproblematiek een rol. Vanuit de bodem kan een behoorlijke hoeveelheid nutriënten (ammonium, nitraat en ortho-fosfaat) in het water komen. Voorkómen van menging beperkt dit probleem. De voorgestelde metingen geven een indicatie of het vrijkomen van nutriënten bij saneringsbaggerwerken ernstige vormen kan aannemen. Schadelijke effecten zijn niet te verwachten wanneer de baggerwerken buiten het groeiseizoen worden uitgevoerd.

Overblijvende witte vlekken en toekomstige ontwikkeling

In de analyse zijn een aantal zaken naar voren gekomen waarover onvoldoende duidelijkheid bestaat. Deze witte vlekken worden veroorzaakt door enerzijds een gebrek aan informatie over hoe vervuilende stoffen zich precies gedragen in de praktijk. De komende veldmetingen zullen hierin verbetering brengen.

De volgende onderwerpen zijn belangrijk:

- verliezen;
- nauwkeurigheid;
- toxiciteit;
- eisen.

Verliezen

Belangrijke doelparameters voor het milieurendement van een saneringsoperatie zijn minimale verspreiding en minimale verliesfractie.

In de afleiding in hoofdstuk 4.7. wordt duidelijk dat de verliesfractie de belangrijkste rol speelt voor het resultaat van een schoonmaak operatie. De verliesterm bestaat uit een aantal deeltermen, zoals mors, vertroebeling, etc.. Er is een behoorlijk beeld van de omvang van de vertroebeling bij verschillende baggertechnieken. Kwantificering van de andere fracties is echter (nog) niet gedaan. Vooral gezien het belang van *volledige* verwijdering van de vervuiling moet er aandacht besteed worden aan kwantificering van de overige verliestermen en aan maatregelen om deze verliezen te verkleinen. Een tweede punt van onderzoek dat hiermee verband houdt is de samenstelling van de verliesfracties. Omdat de vervuiling niet evenredig verdeeld is over de verschillende klassen van deeltjesgrootte in het sediment kan verschillend gedrag van de verschillende klassen van belang zijn voor de grootte van de resterende vervuiling. Wanneer bijvoorbeeld vooral fijne deeltjes achterblijven, waarvan algemeen wordt aangenomen dat ze een grotere belading met vervuilende stoffen hebben dan grotere deeltjes, dan kan ook een kleine restfractie zorgen voor een slecht resultaat. Onderzoek naar deze "segregatie" kan met bestaande technieken worden uitgevoerd en maken een betere inschatting van het resultaat van een sanering mogelijk.

Een tweede ontwikkelingsrichting is verbetering van de voorspelbaarheid van de totale verliesfractie (vertroebeling + mors + andere verliezen) als functie van de combinatie bodemeigenschappen - baggertechniek.

Nauwkeurigheid

Ook de voor een goed resultaat benodigde nauwkeurigheid van metingen en activiteiten is een belangrijk punt. Wat betreft de metingen spelen inhomogeniteiten een hoofdrol zowel in plaats als in tijd. Concentraties in bodems variëren over het algemeen aanzienlijk (zgn. patchiness). Daarnaast veroorzaken baggerwerken per definitie grote inhomogeniteiten doordat een evenwichtssituatie verstoord wordt. Het is in de praktijk niet haalbaar om met de bestaande meettechnieken (monsters nemen en analyse in het lab van vele componenten) en budgetten een behoorlijke nauwkeurigheid te bereiken voor de positie van de vervuiling en het gedrag van de stoffen tijdens baggerwerken. Echter, een *behoorlijke* nauwkeurigheid is in de eerste plaats de benodigde nauwkeurigheid. Deze wordt, wat betreft het resultaat van de sanering, met name bepaald door de nauwkeurigheid en de verliezen van de baggertechniek. Wanneer een opschoonslag noodzakelijk is om de gewenste bodemkwaliteit te bereiken, wordt het belang van een precieze plaatsbepaling kleiner. Een nadere analyse van de samenhang van nauwkeurigheden van de baggertechniek met de benodigde nauwkeurigheid van meetresultaten leidt tot duidelijkheid over welk resultaat in de praktijk haalbaar is en welke inspanningen op meetgebied daarvoor nodig zijn.

Er zou veel gewonnen worden met de ontwikkeling van on line chemische meettechnieken waardoor een veel groter aantal waarnemingen mogelijk is, met name in de tijd.

Deze zouden direct inzicht kunnen verschaffen in de effecten van de operationele aspecten van het baggeren.

Toxiciteit

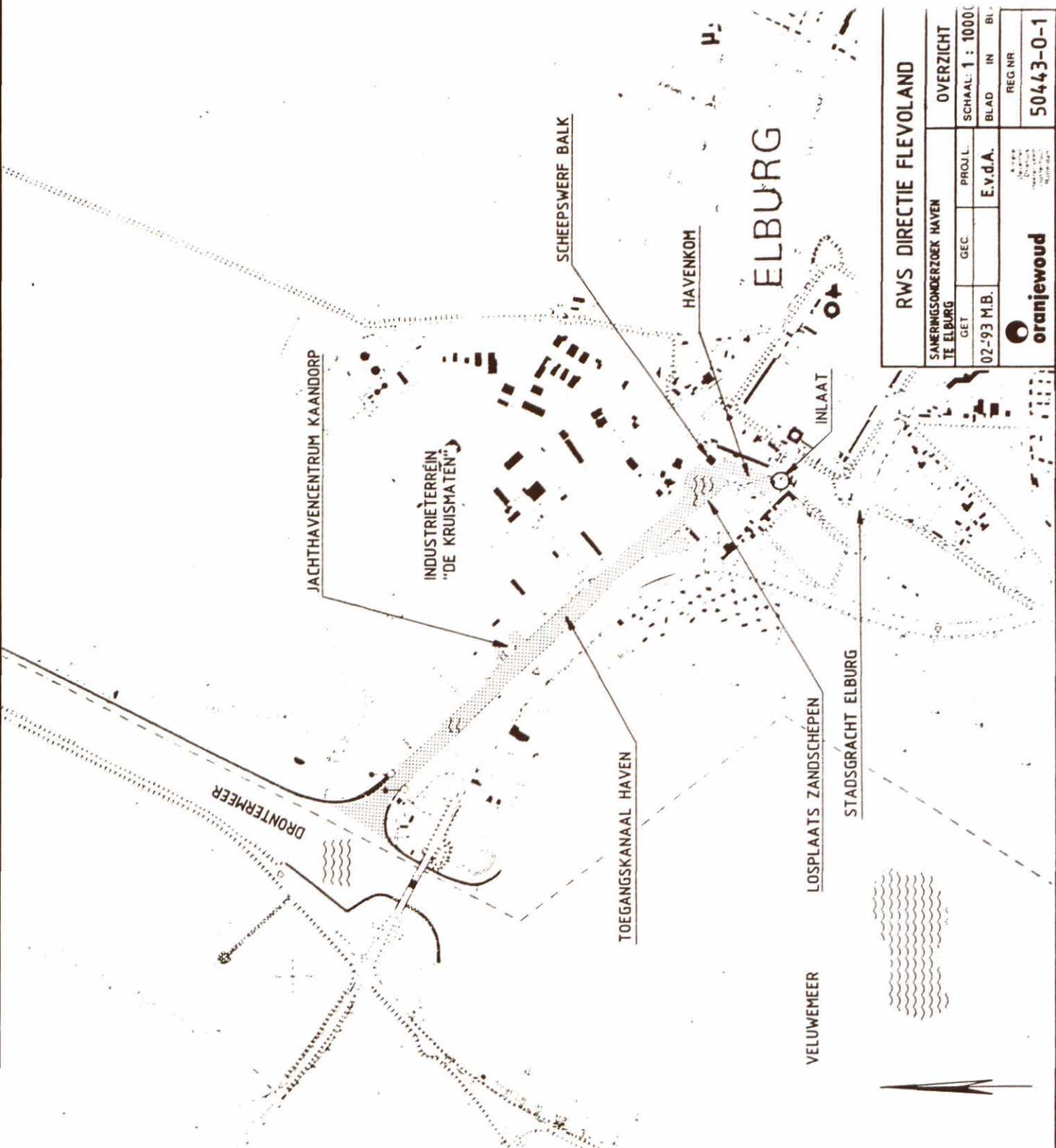
Toxiciteit is een grote onbekende. Op theoretische gronden kan de toxiciteit tijdens baggeren drastisch toenemen door een toename van de biobeschikbaarheid. Een belangrijk punt hierbij is dat toxiciteit bepaald wordt door de concentratie en door de dosis. Een lage concentratie gedurende langere tijd kan even toxisch zijn als een hoge concentratie gedurende kortere tijd. Ook de tijdsduur van blootstelling speelt dus een rol. Door de grote inhomogeniteiten tijdens baggeren in tijd en plaats, is inschatting vooraf van eventuele toxische effecten onmogelijk. Enkele gerichte proeven tijdens het baggeren zijn van belang voor een eerste inschatting.

Eisen

Gezien de gebrekkige mogelijkheden tot kwantificering is het moeilijk kwantitatieve eisen te formuleren. Voordat echte eisen kunnen worden opgesteld t.a.v. het resultaat moeten met name de verliezen beter kunnen worden gekwantificeerd. Witte vlekken op het gebied van eisen bestaan thans vooral in voorschriften voor de uitvoering en in hoe controle parameters gemeten moeten worden. In 4.7. staan enkele eisen t.a.v. het nemen van een bodemonster beschreven. Een nadere beschrijving van de wijze van meten van controle parameters zou kunnen worden opgesteld in samenhang met een uitwerking van de bovenbeschreven witte vlekken verliezen en nauwkeurigheid.

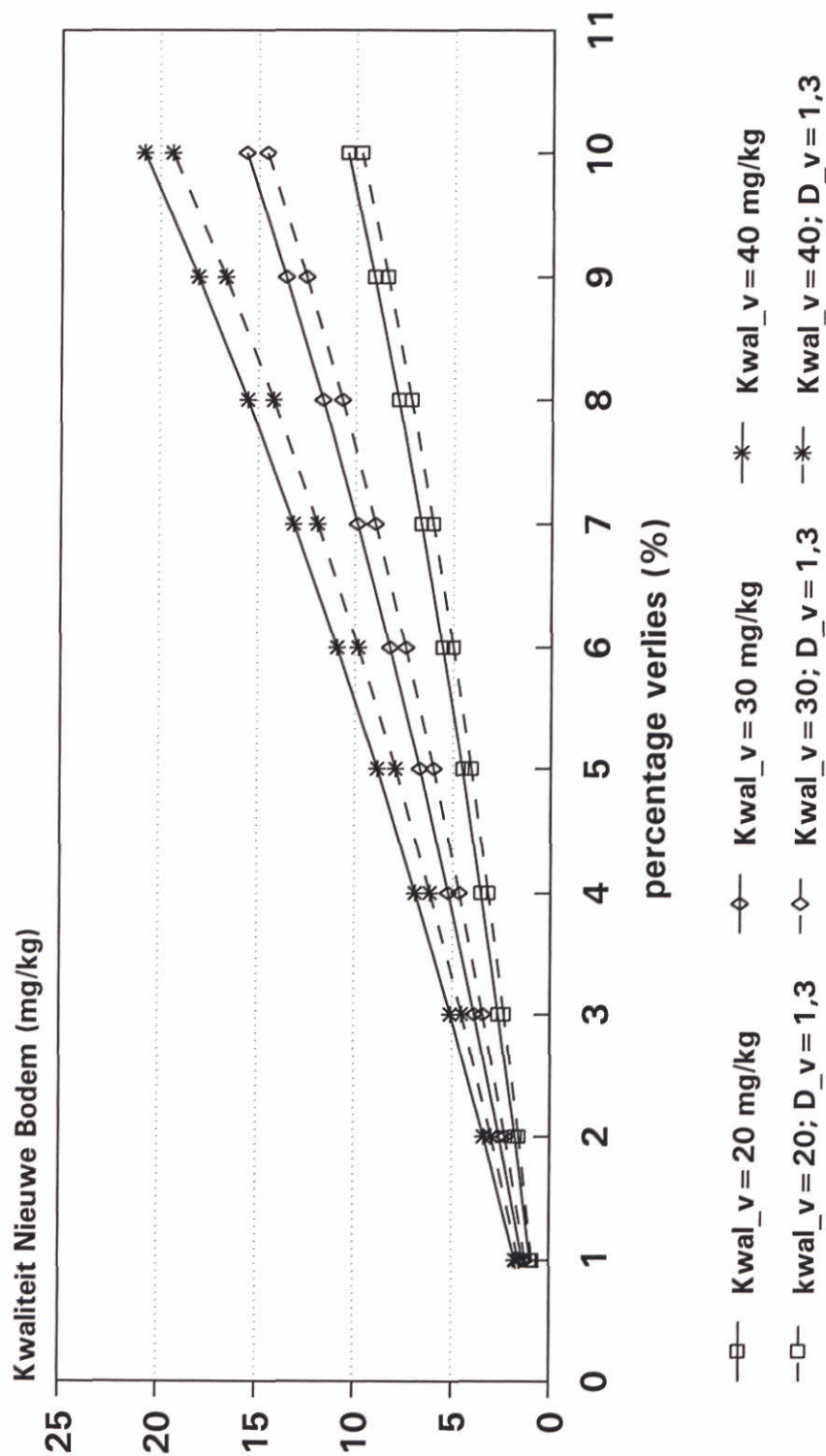
6 Literatuur

- Anonymus (1991) Nader Onderzoek Haven te Elburg. TAUW Infraconsult. rapport 3155226, juli 1991.
- Anonymus (1993) Concept-rapport inzake het saneringsonderzoek waterbodembodem Haven te Elburg. projectnr. 10078-50443. Oranjewoud, februari 1993.
- Fukushima T. and Yoshida T. (1979) Test results from demonstration dredging and spillwater treatment at Hiro Harbor. Technical Report US-EPA. pp. 143-159.
- Goossens H. (1990) Milieu Effecten Baggeren - Ecologische Effecten; Effecten van baggeren op de omgeving. WL rapport J341; BAGT 472.
- Goossens H. (1992). Dredging operations and the environment; an evaluation scheme developed from an ecological point of view. XIIIth World Dredging Congress 1992, Bombay. pp. 675 - 691.
- Goossens H. en Zwolsman G.J. (1993) Milieu Effecten Baggeren - Ecologische Effecten I. Het gedrag van zware metalen tijdens baggerwerken. WL Conceptrapport T1085.
- Van der Velde R., van de Guchte C. en de Poorter L. (1992) Biologische beoordeling reinigingstechnieken. In: Waterbodems, te vies om op te pakken? KNCV-symposia reeks no. 5, 250-254.
- Zwolsman G.J. en Goossens H. (1993) Milieu Effecten Baggeren - Ecologische Effecten II. Het gedrag van organische microverontreinigingen tijdens baggerwerken. WL Conceptrapport T1085.



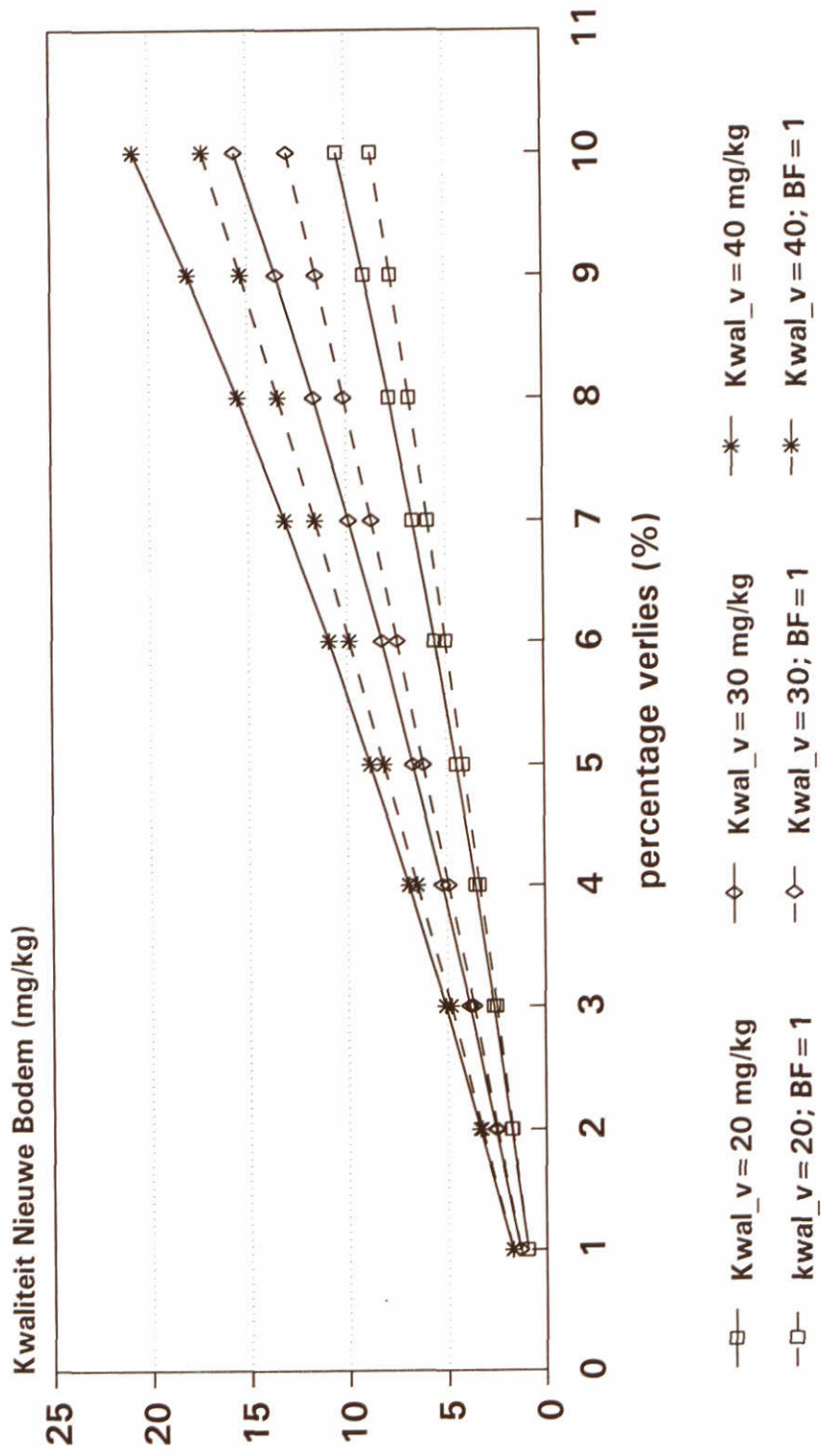
RWS DIRECTIE FLEVOLAND				
SANERINGSONDERZOEK HAVEN			OVERZICHT	
TE ELBURG			SCHAAL: 1 : 10000	BLAD IN BL.
GET	GEC	PROJ.L.	E.v.d.A.	REG NR
02-93 M.B.				50443-0-1
oranjewoud			REG NR	
			50443-0-1	

Kwaliteit nieuwe bodem bij verschillende verliespercentages invloed Dichtheid_v van 1,5 naar 1,3



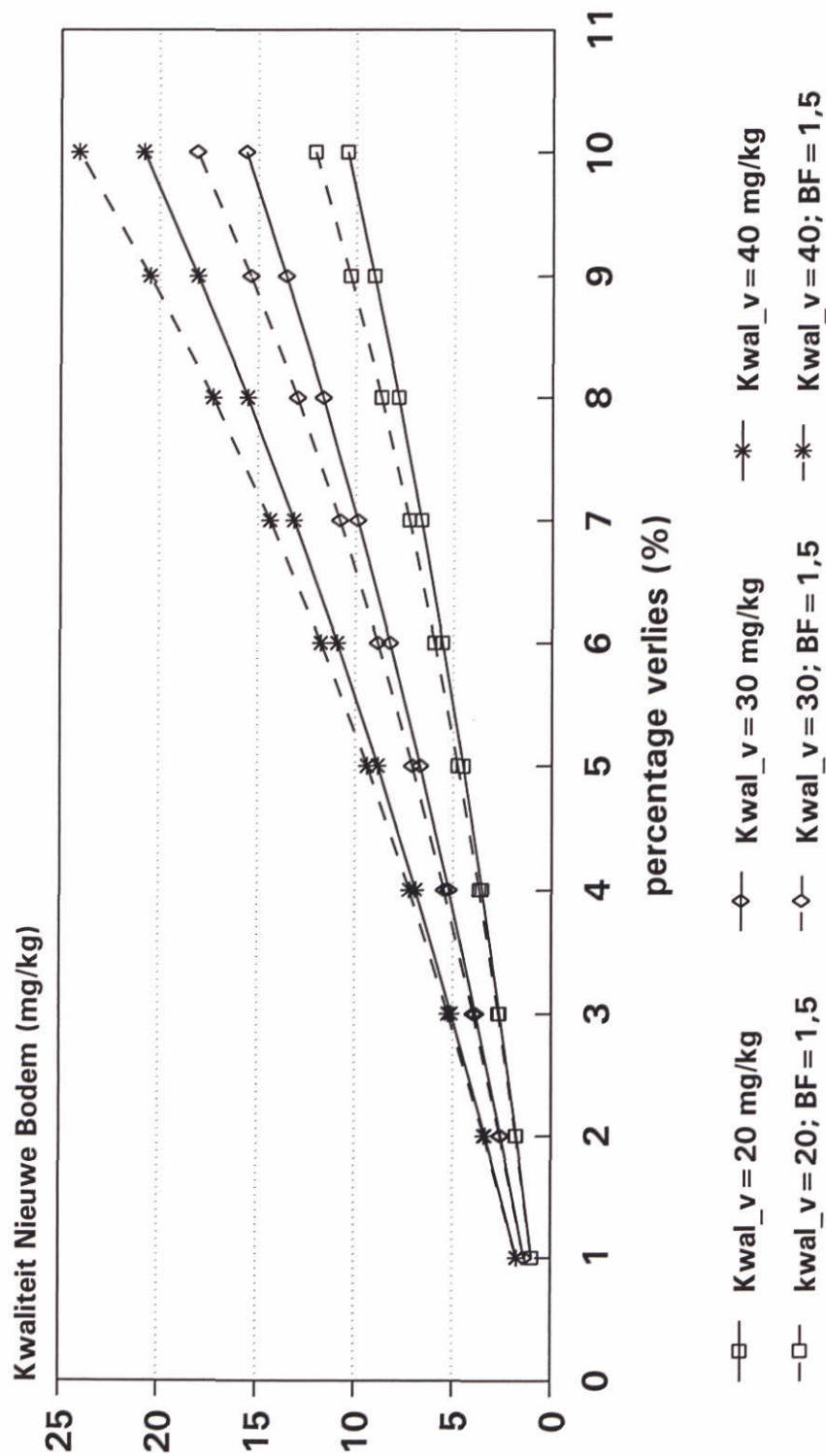
Figuur 2.
Density_v = 1,5; Density_o = 2 (ton/m3);
Kwal_o = 0,2 mg/kg; Bulking Factor = 1,3

Kwaliteit nieuwe bodem bij verschillende verliespercentages invloed Bulking Factor van 1,3 naar 1



Figuur 3.
Density_v = 1,5; Density_o = 2 (ton/m3);
Kwal_o = 0,2 mg/kg; Bulking Factor = 1

Kwaliteit nieuwe bodem bij verschillende verliespercentages invloed Bulking factor van 1,3 naar 1,5



Figuur 4.
Density_v = 1,5; Density_o = 2 (ton/m3);
Kwal_o = 0,2 mg/kg; Bulking Factor = 1,3

Appendix A

Algemene aspecten van de verschillende fasen van een monitoring analyse.

Fase 1 Probleemstelling.

In het algemeen zijn er 4 redenen voor een baggerproject:

- onderhoud van vaarwegen
- sanering van vervuiling
- nieuwe aanleg of uitbreiding
- mijnen van grondstoffen

Er zijn dus twee groepen van redenen:

- oplossen bestaande of verwachte problemen (sanering, navigatie baggeren).
- nieuwe activiteiten (capital dredging, mining).

Fase 2 Beschrijving huidige situatie

algemene beschrijving:

- situatieschets
 - inrichting
 - aansluiting aan aangrenzende systemen (ingaaende stromen, uitgaande stromen, grondwater, lucht, hinder ondervindende situaties (bijv. woonwijk)
- - historische ontwikkeling (ontstaan van het probleem, eerdere baggeractiviteiten)
- functioneren:
 - toestandsgrootheden
 - dynamica
 - externe invloeden
- toestandsgrootheden:
 - fysisch (volume, diepte, stroom, getij, zwevend stof, bodem samenstelling)
 - * bodemsamenstelling
(korrelverdeling (tot 2 μm), organische stof percentage (gloeiverlies), Atterbergse grenzen, sedimentatie snelheid (bezinksnelheid), rheologische eigenschappen, volume gewicht nat (in situ), volume gewicht droge stof, schuifsterkte van slib, druksterkte)
 - macrochemie (saliniteit, nutriënten, organisch materiaal, DOC, POC, ijzer, pH)
 - microchemie (metalen, organische microverontreinigingen)
 - biologisch (soorten, bijzonderheden, biologische typering (bijv: broedgebied, kinderkamer, trekroute, etc.), speciale gevoeligheden)

- dynamica:
 - fysisch (verblijftijd, resuspensie, sedimentatie, morfologische veranderingen, stroomsnelheden, stroomrichting)
 - chemisch (belastingen / lozingen)
 - biologisch (groeisnelheden (af te leiden uit seizoen))
- externe invloeden (nautisch verkeer, industrie(olie), visserij, recreatie, (drink)waterwinning, natuurfunctie, aangrenzende systemen)
- bestuurlijk/
juridisch: (beheerder, vergunningverlener, depotbeheerder, planologische bestemming)
- gebruik en functies: (scheepvaart intensiteit, recreatie, visserij, drinkwatervoorziening, industrie (waterinname of lozing), etc.)

voor navigatieprobleem:

statisch:

- inpeiling
- vaardiepte
- positionering vaste bodem
- positionering sliblaag
- positionering obstakels / ondiepten
- samenstelling bodem

dynamisch:

- sedimentatiesnelheid en evt. bronnen slib
- baggerhistorie

Fase 3. Gewenste eindsituatie.

- vaardiepte
- bodem profiel
- definitie "schone bodem"; normen
- verontreinigingsniveau nieuw te vormen bodem
- toxiciteit nieuw te vormen bodem

*Fase 4. Vaststelling aan te brengen veranderingen en de mogelijke methoden.***Navigatiebaggeren**

- verdieping volgens gewenst profiel
- mogelijke methoden in combinatie met vervuiling
 - vervuilde sliblaag en onderlaag apart verwijderen, met al of niet verschillende methoden
 - vervuilde sliblaag en onderlaag verwijderen met dezelfde techniek
- havenmeubilair
- grof vuil
- slecht bereikbare plaatsen
- afvoer van specie

Saneringsbaggeren

- verwijdering
 - risico's
 - methodes
- transport
- behandeling van vervuild materiaal
 - scheiding
 - ontwatering
 - behandeling
 - restmateriaal schoon
 - restmateriaal vuil
- berging



hoofdkantoor
Rotterdamseweg 185
postbus 177
2600 MH Delft
telefoon (015) 56 93 53
telefax (015) 61 96 74
telex 38176 hydel-nl

locatie 'De Voorst'
Voorsterweg 28, Marknesse
postbus 152
8300 AD Emmeloord
telefoon (05274) 29 22
telefax (05274) 35 73
telex 42290 hylvo-nl

