Onderzoek circulair gebruik van baggerspecie bij de waterschappen

Onderzoek circulair gebruik van baggerspecie bij de waterschappen

Eldert Besseling
Luca Sittoni
Stephanie Janssen

© Deltares, 2019

Titel
Onderzoek circulair gebruik van baggerspecie bij de waterschappen

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
Waternet	11203371-000	11203371-000-ZKS-0003	48

Trefwoorden
Circulariteit van bagger, waterschappen, waterbodem, baggeren, hergebruik

Samenvatting
De waterschappen moeten in 2050 naar 100% circulair gebruik van grondstoffen toe. In een eerste onderzoek, uitgevoerd door Deltares en NETICS, is een overzicht gegeven van de beschikbare kennis over hergebruik van baggerspecie en in hoeverre dit aansluit bij de definitie van circulair gebruik van bagger.

Bij circulair gebruik van bagger hoort naast de maximalisatie van gesloten kringlopen en herbruikbaarheid en de minimalisatie van afvalproductie vooral ook het streven naar maximale voordelen en waarden door het hergebruik van bagger. Om de juiste keuzes te kunnen maken en het aanbod aan bagger te koppelen met de potentiële vraag is een MKBA nodig (gericht om circuleer economie), die per stakeholder voor een lange termijn de meerwaarden kwantificeert en kwalificeert.

Uit het onderzoek blijkt dat hergebruik van baggerspecie, onder andere vanwege de grote volumes, een belangrijke bijdrage kan leveren aan de circulariteitsdoelstellingen van de waterschappen. Uit het onderzoek blijkt dat er een kloof is tussen de kennis en de praktijk en er behoefte bestaat aan instrumenten om met bestaande en nieuw te ontwikkelen kennis daadwerkelijk bagger circulair te gaan gebruiken.

Referenties
RVO Referentienummer: KME201815
NETICS Referentienummer: NP.2018.186.7.001
Deltares Referentienummer: 11203371

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
0.1	April 2019	E. Besseling (NETICS)		H. Ekkelenkamp (NETICS)		H. Ekkelenkamp (NETICS)	
		L. Sittoni (Deltares)		A. Wijdeveld (Deltares)		D.J.R. Walstra (Deltares)	
		S. Janssen (Deltares)					

Status
definitief

Managementsamenvatting

Als antwoord op de wereldwijde uitdagingen, de druk op primaire grondstoffen, de groei van de wereldbevolking en de gevolgen van klimaatverandering zet de Nederlandse overheid vol in op de transitie naar een zoveel mogelijke circulaire maatschappij. Het streven is om in 2050 100% van de grondstoffen circulair te laten zijn. Alle Nederlandse overheden zijn bij dit initiatief betrokken, inclusief de waterschappen die verantwoordelijk zijn voor het onderhoud van waterwegen.

Deze studie is uitgevoerd in samenwerking tussen Waternet, NETICS en Deltares en richt zich op circulair gebruik van baggerspecie bij de waterschappen. De studie bevat een uitwerking en toelichting op de definitie van circulair gebruik van bagger en een literatuurstudie waar vooral de Nederlandse kennis van de afgelopen dertig jaar op hergebruik van zowel schone als verontreinigde baggerspecie is samengevat. Ook geeft de studie marktinzicht door een overzicht te geven van volumes aan baggerspecie zoals deze bij de diverse waterschappen jaarlijks beschikbaar komen. De studie is afgerond met een workshop met verschillende waterschappen waar voor drie case studies circulair gebruik van baggerspecie is uitgewerkt. Daarbij zijn gezamenlijk kennisleemtes in kaart gebracht die in voorliggend rapport zijn terug te vinden, samen met de bijbehorende aanbevelingen.

Definitie circulair gebruik van bagger
Op basis van bestaande definities van circulaire economie zijn in deze studie drie sleutelfactoren uitgewerkt voor circulair gebruik van bagger. De sleutelfactoren zijn:

1) Maximalisatie van voordelen en waarden (bouwen aan ecologisch, sociaal en economisch kapitaal[1]);
2) Maximalisatie van gesloten kringlopen en herbruikbaarheid;
3) Minimalisatie van afvalproductie.

In het specifieke geval van het baggermanagement wordt op basis van het onderzoek geadviseerd om de drie sleutelfactoren aan te vullen met de volgende kernwaarden:

A. Natuur volgen of imiteren: natuur is intrinsiek circulair;
B. Samenwerken met betrokken stakeholders bij baggerprojecten voor het (deels) sluiten van een kringloop.

Belangrijke en essentiële vragen, in lijn met de definitie van circulair gebruik van bagger zijn:

- Welke onderhouds oplossingen leveren de meeste waarde en minimaliseren bijproducten over een lange termijn?
- Hoe kan de waarde van producten (denk aan sediment blokken) en meer natuurlijke toepassingen (zoals land ophogen) worden bepaald?
- Hoe specifiek zijn de oplossingen voor een gebied of locatie?

Deze studie en verschillende lopende pilots in Nederland en het buitenland (bijvoorbeeld het Eems-Dollard 2050-programma dat in dit onderzoek als voorbeeld is gebruikt) laten zien dat optimaliseren van nuttig sedimentgebruik (en in relatie daarmee, optimaliseren van circulariteit) om afstemming met verschillende stakeholders vraagt.

[1] *Dit zijn tevens de drie pijlers onder duurzaamheid.*

Titel
Onderzoek circulair gebruik van baggerspecie bij de waterschappen

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
Waternet	11203371-000	11203371-000-ZKS-0003	48

Literatuurstudie
Een overzicht van Nederlandse kennis- en beleidsdocumenten van de afgelopen 25 jaar laat zien dat hergebruik van bagger geen nieuwe aanpak is. De twee programma's die daar in Nederland het meest aan hebben bijgedragen zijn het Programma Ontwikkeling Saneringsprocessen Waterbodems (POSW) en het Projectbureau Hergebruik Baggerspecie (PHB). In deze programma's werden verschillende behandelingen ontwikkeld en getest, onder andere separatie, immobilisatie, versterking, rijping, enz. (zie Tabel 3.1). Begin deze eeuw is de interesse in kennis en innovatie met betrekking tot nuttig gebruik van sediment afgenomen, mogelijk als gevolg van de afname van de hoeveelheid verontreinigde bagger in Nederland en daarmee de afname op afvoer- en stortkosten resulterend in een verminderde druk op hergebruik. De huidige wetgeving en nieuwe wereldwijde uitdagingen geven een nieuwe impuls aan het hergebruik van baggerspecie waardoor de behoefte aan het ontsluiten van de kennis en innovaties uit het verleden weer toeneemt.

Volumes baggerspecie
Het onderzoek brengt in kaart hoeveel baggerspecie de waterschappen jaarlijks baggeren en geeft inzicht in de wijze van verwerken in relatie tot de milieuhygiënische kwaliteit van de bagger. Hoewel de operaties van waterschappen goed worden gevolgd en lokaal worden geregistreerd, bewees deze studie dat het vinden van eenduidige informatie een uitdagende taak is. Over het algemeen kan worden geconcludeerd dat 90% van het gebaggerde materiaal herbruikbaar is volgens de Nederlandse wetgeving, hoewel niet duidelijk is hoeveel van deze 90% daadwerkelijk nuttig (of circulair) toegepast is.

Waterschappen workshop: case studies en kennisleemtes
Tijdens een workshop met verschillende waterschappen zijn de uitkomsten van het onderzoek gedeeld, is voor drie case studies (Oranjekanaal, Loosdrechtse plassen en Plantage Muidergracht) het concept circulair gebruik van bagger uitgewerkt en zijn uitdagingen en kennisvragen geformuleerd. Voor het succesvol toepassen van circulair gebruik van bagger zijn een aantal kritische aspecten benoemd, waaronder: een lange termijn scope bij het denken en beslissen; een goede afstemming tussen vraag en aanbod; het betrekken van belanghebbenden buiten de waterschappen.

Aanbevelingen
100% circulair gebruik van bagger is het ambitieuze doel van de waterschappen. Op dit moment worden veel activiteiten van waterschappen in bepaalde mate circulair aangepakt. Het lijkt daarom zinvol, en is de aanbeveling, om een kwantitatief instrument te ontwikkelen dat de mate circulariteit van de verschillende baggerplannen en baggerprojecten kan beoordelen. Het instrument kan als een stimulans werken om circulariteit te vergroten. Een koppeling met een catalogus van hergebruikmogelijkheden voor schone en verontreinigde sedimenten, geeft vervolgens inzicht in de (potentiële) bijdrage aan de circulaire doelstellingen. De auteurs bevelen een gezamenlijk in te zetten traject aan, waarin deze innovatieve en kwantitatieve tools (verder) worden ontwikkeld en onmiddellijk worden toegepast op specifieke projecten bij de waterschappen. Dit moet de praktische besluitvorming in de onderhoudsbaggerprogramma's van de waterschappen bevorderen. Verder wordt aanbevolen om een voortdurende interactie tussen de tools, kennisontwikkelaars (zoals NETICS en Deltares) en de waterschapmedewerkers te

stimuleren om de toepasbaarheid van de tools te verbeteren en tegelijkertijd om kennisoverdracht te bevorderen. Dit kan bijvoorbeeld in de vorm van trainingen en workshops.

Duurzaam en circulair hergebruik van bagger is een thema dat ook buiten Nederland zeer relevant is. Verschillende internationale organisaties hebben recent werkgroepen opgericht over nuttig en circulair gebruik van bagger. Dit zijn bijvoorbeeld de Central Dredging Association (CEDA), de permanente internationale commissie voor navigatiecongressen (PIANC) en het European Sediment Network (SedNet). Hoewel Nederland zeker een referentiepunt vormt voor kennis, instrumenten en ervaring op dit gebied, komt er internationaal een significante hoeveelheid aan kwalitatief hoogwaardige nieuwe kennis beschikbaar met interessant potentieel voor ervaringsuitwisseling, waarmee wordt aangetoond dat baggersediment kan worden veranderd van een afvalstof in een belangrijke bron voor duurzame ontwikkeling.

Titel
Onderzoek circulair gebruik van baggerspecie bij de waterschappen

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
Waternet	11203371-000	11203371-000-ZKS-0003	48

Management Summary

Stimulated by the current world-wide societal challenges such as pressure on primary resources, population growth and climate change, and in line with the Sustainable Development Goals, the Dutch Government aims to transition towards a fully circular society, which should be reached by 2050. All Dutch public entities are to follow this direction, including the Waterboards, responsible for maintenance of part of the internal Dutch navigation and water infrastructures.

This study, carried out in collaboration between Waternet, NETICS and Deltares, focused on circular management of dredge sediments, with specific application to the Waterboards. This study included: a definition for circular management of dredge sediments; a literature review to highlight Dutch historical (i.e. last 30 years) knowledge and application of beneficial dredge sediment use (clean and contaminated); an investigation volumes moved by the various Waterboards; and a concluding workshop with selected Waterboards representatives where the circular definition here developed was tested on three cases studies proposed by the Waterboards, with consequent shared identification of knowledge gaps and needed steps forward.

Definition circular management of dredge sediments
Based on an analysis of the many circular economy definitions existing in the literature, and instead of a full definition, this study proposes three key factors specifically developed to maximize the circular management of dredge sediments. These are:

1) Maximization of benefits and values (building on ecological, social and economic capital)[2]
2) Maximization of closed circles and (re-)use;
3) Minimization of residual products.

In the specific cases of the management of dredge sediments, these three key factors should be integrated with two key principles:

a) Follow and building with nature, as nature is intrinsically circular; and
b) Working in partnership with other stakeholders, as dredge sediment management most often involves more stakeholders than a single Waterboards.

This study, as well as the outcome of the workshop, revealed how circular management of dredge sediment goes often beyond the choice of a specific sediment treatment solutions or a single Waterboard. The critical and important questions, in line with the definition of circular sediment management here proposed, are:

- Which maintenance solution delivers the maximum added value and minimizes residuals in the reasonable long-term;

[2] *These are also the three pillars of sustainability*

- How to calculate the values of product-like (e.g. compressed sediment block instead of a concrete block) and natural-like (i.e. wetland from sediment instead of clay and sand) solutions; and
- How these are site- or region-specific.

It is also apparent from this study and from various ongoing pilots in The Netherlands and abroad (e.g. the Eems-Dollard 2050 Program used as example in this study) that optimizing beneficial sediment use (and in relation to it, circularity) demands for alignment with various stakeholders.

Literature review
A review of Dutch knowledge and policy document on beneficial use of sediments covering the past 25 years shows that beneficial use of sediments is not a new definition or approach. The two leading programs in the Netherlands are the Program Development Remediation Processes Dredged Sediments (POSW) and the Project bureau Reuse Dredged Sediment (PHB). In these programs various sediment treatments techniques were developed and tested including separation, immobilization, strengthening, ripening, etc.… (Table 3.1). Around the year 2000, interest in innovation regarding beneficial use decreased, which may be explained by costs involved and lack of external pressure to stimulate further beneficial use. Today, legislation and world-wide challenges provide a new impulse to improve beneficial use practices and knowledge.

Dredging volumes
This study provides an overview of dredging operation volumes and practices used by Waterboards. While Waterboards operations are well monitored and registered locally, this study shows that finding centralized information on dredging volumes is a challenging task. In general it is concluded 90% of the material dredged by the Waterboards is reusable according to Dutch legislation, how much of this 90% is actually beneficially (or circularly) used is however not clear.

Waterboards workshop: case studies and knowledge gaps
A workshop with different waterboards the study results were shared, the concept of circular sediment management was applied to three Dutch case studies (Oranjekanaal, Loodrechtste plassen and de Plantage Muidergracht) and challenges and knowledge questions were defined. The workshop created a consensus around the opportunity to valorize dredge sediment as a resource within the circular economy framework. Critical ingredients for successful circular sediment management were among others: implementing solutions that maximize the value of dredge sediments; aligning offer and demand; include stakeholders outside Waterboards; and long-term thinking and decision making.

Recommendations
While 100% is the ambitious goal, it is recognized that many activities of the Waterboards are to a certain degree circular. It is therefore considered useful, to setup a quantitative tool that can assess or quantify the circularity of various dredge sediments maintenance solutions so to help identify those with higher beneficial value. This is identified as challenge and need across various agencies in The Netherlands and abroad. This tool should be coupled to a catalogue which collects the various solutions available for clean and contaminated sediments together with their potential contribution to circular use. The authors recommend a shared and collaborative trajectory forward during which these innovative and quantitative tools are developed (further) and immediately applied to specific Waterboard case studies, to support practical decision making in the Waterboard maintenance dredging programs. It is

further recommended to stimulate a continues interaction between the tools and knowledge developers and the Waterboard staff to improve the applicability of the tools and at the same time to favor on-the-job knowledge transfer to the Waterboards. This can be executed by trainings and workshops.

In addition to similar initiatives related to soil and circular economy in the Netherlands, sustainable and circular dredge sediment use is a theme that is relevant internationally. Various international organization have recently established working groups on beneficial and circular sediment use. These are for example the Central Dredging Association (CEDA) the Permanent International Commission for Navigation Congresses (PIANC) and the European Sediment Network (SedNet). While The Netherlands certainly represents a reference points for knowledge, tools and experience in this area, significant new developed and high quality international knowledge is becoming available with interesting potential for experience exchange, proving that dredge sediment can be turned from a waste to an important resource for sustainable development.

Inhoud

1 Inleiding 1
1.1 Uitvoeringsprogramma Circulaire Economie 1
1.2 Maatschappelijk verantwoord inkopen 1
1.3 Onderzoek circulair gebruik bagger bij de waterschappen 2
1.4 Projectorganisatie 3
1.5 Missie 3
1.6 Leeswijzer 4

2 Definitief circulair baggergebruik 5
2.1 Ontwikkelen van een definitie 5
2.2 Toelichting sleutelfactoren en kernwaarden: Eems-Dollard 2050 6
2.3 Rijkswaterstaat en Circulaire Economie in de grondketen 8
2.4 Waterschappen in de sediment kringloop 9
2.5 Discussie 12

3 Kennis en ervaring in duurzaam gebruik van bagger 13
3.1 25 jaar programma's 13
3.2 Literatuur vanaf 2004 18
3.3 Wettelijke kaders baggeren en hergebruik 21
3.4 Initiatieven in het buitenland 22
3.5 De afzet van bagger 23
3.6 Discussie 29

4 Inventarisatie van de hoeveelheden en kwaliteiten slib 31
4.1 Waterbeheer in Nederland 31
4.2 Waterschappen en de noodzaak van baggeren 31
4.3 Baggerhoeveelheden bij de Waterschappen 33
4.4 Discussie 38

5 Toetsen definitie Circulaire Economie aan baggerprojecten 39
5.1 Verontreinigde bagger in de Plantage Muidergracht 40
5.2 Baggeren Oranjekanaal 40
5.3 Baggeren Loosdrechtse plassen 41
5.4 Uitdagingen en kennisvragen opschalen circulair baggergebruik 42

6 Discussie en conclusie 45
6.1 Naar circulair werken met bagger 45
6.2 Aanbeveling vervolg 46

Bijlage(n)

A	**Kaders besluit bodemkwaliteit**	**A-1**
B	**Literatuurstudie verbetermethoden voor bagger**	**B-1**
C	**Protocol 7510 acceptatievoorwaarden bewerking bagger**	**C-1**
D	**Verslag Workshop Circulair omgaan met Baggerspecie Waterschappen**	**D-1**

1 Inleiding

1.1 Uitvoeringsprogramma Circulaire Economie

In een perfecte circulaire economie bestaat geen afval en worden grondstoffen steeds opnieuw gebruikt. Een uitdaging waar het Rijk, bedrijfsleven en maatschappelijke organisaties samen aan werken. Krachten worden gebundeld om de transitie naar een economie zonder afval verder op te schalen en te versnellen.

In het programma 'Nederland Circulair 2050' is de kabinetsvisie op de circulaire economie neergezet. Doel is om uiterlijk in 2050 een volledig circulaire economie tot stand te brengen. De ambitie van het kabinet is om samen met maatschappelijke partners in 2030 een (tussen)doel te realiseren van 50% minder gebruik van primaire grondstoffen (mineraal, fossiel en metalen). In het Grondstoffenakkoord zijn deze ambities onderschreven door op dit moment meer dan 400 bedrijven, ngo's, financiële instellingen, kennisinstituten, overheden en andere organisaties. Ook de waterschappen behoren tot de ondertekenaars van het Grondstoffenakkoord. Namens deze partners zijn in 2018 transitieagenda's voor vijf prioritaire ketens opgesteld: biomassa en voedsel, kunststoffen, maakindustrie, bouw en consumptiegoederen.

Op 8 februari 2019 is het Uitvoeringsprogramma Circulaire Economie[3] gepresenteerd. Met dit uitvoeringsprogramma geven het kabinet en de deelnemende partijen aan het Grondsto enakkoord voortvarend vorm aan de transitie naar een circulaire economie. De concrete acties en projecten maken tastbaar op welke manier dit gebeurt. Ook het Interbestuurlijk Programma van het Rijk, gemeenten, provincies en waterschappen heeft als een van de doelstellingen om te komen tot een 100% circulair Nederland in 2050 (50% in 2030) en nemen deel aan het Uitvoeringsprogramma.

1.2 Maatschappelijk verantwoord inkopen

De waterschappen zetten met dit Uitvoeringsprogramma fors in op circulaire initiatieven en het beperken van CO2-uitstoot via het inkoop- en aanbestedingsbeleid. Als duurzame opdrachtgever vragen waterschappen steeds vaker aan leveranciers en aannemers om circulaire producten en projecten, waarbij het gebruik van primaire grondstoffen wordt beperkt en waar mogelijk vermeden. Daarbij wordt het instrument Maatschappelijk Verantwoord Inkopen (MVI) ingezet. Dit betekent dat bij de inkoop van producten, diensten en werken rekening wordt gehouden met de effecten op mensen, het milieu en de welvaart.

De waterschappen geven jaarlijks meer dan 2 miljard euro uit aan inkopen en aanbesteden. MVI is een instrument dat waterschappen en andere overheden helpt om duurzaamheidsambities te realiseren, zoals de overgang naar een circulaire economie en een toekomstbestendig energie- en klimaatbeleid.

Middels MVI dragen overheden bij aan het bereiken van de circulaire doelstellingen. Om dit een extra impuls te geven is door de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) budget beschikbaar gesteld voor expertondersteuning en leernetwerken op het vlak van een klimaat neutrale en circulaire economie. Daarmee worden decentrale overheden zoals de waterschappen ondersteund bij het uitvoeren van concrete pilots die in het bijzonder gericht zijn op het halen van klimaatdoelen en het efficiënter gebruik van grondstoffen.

[3] *Uitvoeringsprogramma Circulaire Economie 2019-2023, februari 2019*

1.3 Onderzoek circulair gebruik bagger bij de waterschappen

Momenteel wordt er in Nederland door de waterschappen jaarlijks miljoenen kubieke meter aan baggerspecie vanuit de polders afgevoerd en is daarmee een van de grotere afvalstromen bij de waterschappen. Van deze bagger is er in Nederland ruim 90% van voldoende kwaliteit en zeer goed herbruikbaar in verschillende toepassingen zoals ophogingen of dijken.

Door lokaal het gebaggerde sediment te hergebruiken wordt de afvoer van bagger geminimaliseerd én wordt op de aanvoer van nieuwe grondstoffen voor het project bespaard. Dit draagt bij aan een circulair grondstoffen efficiënt systeem waarbij de baggerketen (afvoer van bagger naar depots) wordt gekoppeld aan de realisatie van projecten (van grondstof naar bouwwerk). Omdat zowel opdrachtgevers als de aannemers vaak optimaliseren op prijs wordt het ervaring opdoen met circulair toepassen van bagger vaak gemist. Daarnaast is er vaak scepsis over de hergebruikmogelijkheden vanwege het negatieve imago van de mogelijke aanwezige verontreinigende stoffen en wordt voor de weg van de minste weerstand gekozen.

Veel bagger wordt al nuttig toegepast. Als het gaat om hergebruik van bagger wordt vooral gekeken naar goedkope en efficiënte oplossingen. Het ontbreekt aan een overzicht van mogelijkheden en kansen om met baggerspecie (volledig) circulair om te gaan. Er is een tekort aan kennis en ervaring en er is behoefte aan informatie om de doelstellingen voor het circulair omgaan met bagger te onderbouwen. Daarom is in samenwerking met de Unie van Waterschappen en met als contact de Stichting Waternet aanspraak gemaakt op het budget van de RVO voor expertondersteuning. Waternet is op 1 januari 2006 opgericht door de gemeente Amsterdam en het Hoogheemraadschap Amstel, Gooi en Vecht en verzorgt als uitvoeringsorganisatie het waterbeheer, de drinkwatervoorziening en riolering.

Als het gaat om circulair gebruik van bagger is het van belang om kennis op te doen over circulair handelen met baggerspecie. De RVO heeft ten behoeve van de waterschappen de combinatie van NETICS en Deltares ingehuurd als dé experts op het gebied van hergebruik van baggerspecie. Het betreft een eerste fase met de opdracht om de bestaande kennis op het gebied van duurzaam gebruik van bagger te inventariseren waarbij een definitie voor circulair baggergebruik gedefinieerd wordt en deze vervolgens wordt getoetst aan een aantal praktijkcases. Om de uitvoering van de opdracht te structureren is een onderverdeling gemaakt een de volgende stappen:

1. Inventarisatie van kennis en ervaringen op het gebied van duurzaam gebruik van bagger;
2. Inventarisatie van de hoeveelheden en kwaliteiten slib;
3. Ontwikkelen van een definitie voor circulair baggergebruik;
4. Het toetsen van de definitie aan een aantal praktijkcases;
5. Formuleren van kennisvragen en vormgeven van een (concept) voorstel voor STOWA onderzoek.

In vervolgstappen kan verder onderzoek worden gedaan naar de openstaande kennisvragen en veelbelovende technieken, die met deze studie geïdentificeerd zijn. Dat zal in samenwerking met de STOWA worden uitgevoerd. STOWA is het kenniscentrum van de waterschappen in Nederland. STOWA ontwikkelt, vergaart, verspreidt en implementeert toegepaste kennis die de waterbeheerders nodig hebben om de opgaven waar zij in hun werk voor staan, goed uit te voeren.

1.4 Projectorganisatie

Dit onderzoek is uitgevoerd door NETICS en Deltares. Eldert Besseling van NETICS en Luca Sittoni van Deltares hebben als baggerexperts het grootste deel van het onderzoek uitgevoerd en het voorliggende rapport opgesteld. Daarnaast zijn experts ingeschakeld op het gebied van circulaire economie (Sophie Monier, Deltares) en stakeholdermanagement (Stephanie Janssen, Deltares). Arjan Wijdeveld, expert in baggermanagement van Deltares en Hugo Ekkelenkamp, expert in bouwen met bagger van NETICS hebben de studie gereviewd. Veel dank gaat uit naar Fred de Haan die met veel gedrevenheid dit onderzoek heeft geïnitieerd en gedurende het onderzoek vanuit zijn jarenlange ervaring voor een heldere perspectief vanuit de waterschappen heeft gezorgd. Ook bijzonder dank voor de personen die intrinsiek gemotiveerd hebben deelgenomen aan de workshop waarbij vanuit een aantal praktijkcases is nagedacht over de definitie circulaire economie.

NETICS B.V. 'The Sediment Engineers' is een toonaangevend ingenieurs- en adviesbureau en wordt internationaal gezien als dé expert op het gebied van hergebruik en bouwen met baggerspecie. NETICS heeft al de kennis en kunde in huis om deze normaal gesproken nutteloze modder om te laten zetten tot bouwmaterialen om constructies zoals waterkeringen, dammen en dijken te bouwen en zelfs gebouwen. NETICS schrijft landelijk bekende handboeken over hergebruik van bagger en geeft postacademische cursussen over dit onderwerp. Dagelijks worden door NETICS op deze wijze ecologische constructies berekend, ontwerpen gemaakt en wordt wereldwijd de uitvoering ervan begeleid. Hiermee versterkt NETICS het wereldberoemde imago van Nederland als dé waterbouwers van de wereld en koplopers in circulaire economie. NETICS participeert in netwerken zoals CEDA, SedNet, USAR en Prisma. Als een van de ondertekenaars van het Nationale Grondstoffenakkoord zijn we erg actief om hergebruik van baggerspecie binnen een circulaire economie zo snel als mogelijk gemeengoed te maken.

Deltares heeft langdurige nationale en internationale ervaring met sediment onderzoek, engineering en beheren. Sinds 2014 heeft Deltares een toegewijde Soft Sediment (of Bouwen met slib) groep. Deze groep integreert onderzoek en projecten activiteiten in het gebied van: bouwen met slib; hergebruik van bagger; natuur, milieu, estuaria en kust herstellen en beheren; en mijnbouw. Deze groep bestaat uit experts van grondmechanica, vloeistofmechanica, geochemie, ecologie, met uitgebreid historische ervaring en kennis in sediment beheren en sediment-gerelateerd projecten in Nederland en in het buitenland. Experts in deze groep zijn betrokken in: ongoing iconische sediment projecten zoals Kleirijperij, Markerwadden en Suricates; EcoShape en EcoShape Living Lab for Mud; netwerken groeps zoals CEDA, SedNet en PIANC. In al deze activiteiten staat sediment, baggeren en nuttig hergebruikt centraal.

1.5 Missie

Dit onderzoek beoogt een breed draagvlak te creëren voor Circulaire Economie (CE) met betrekking tot de verwerking van bagger bij de waterschappen. Bagger is een belangrijke en kansrijke bron voor maatschappelijk duurzame ontwikkeling, niet als afval zoals het nog te vaak wordt afgevoerd. Dit geldt overigens voor zowel de schone als de vervuilde bagger. Dit onderzoek wil die waterschappers inspireren die zich dagelijks bezig houden met de afvoer van bagger zichzelf gaan zien als een leverancier van een duurzame grondstof en als sleutelfiguur in de stappen die hun waterschap moet maken op basis van de landelijke afspraken over circulair gebruik van grondstoffen. De grondstof bagger kan worden verkocht in de vorm van een bouwstof of zelfs bouwelementen, het kan worden gebruikt om meerwaarde voor natuur te creëren of om ons bijvoorbeeld te beschermen tegen de invloeden van de zeespiegelstijging. De waterschappers die zich met de uitvoering van

baggersprojecten bezig houden kunnen daardoor de meerwaarde zien van bouwstoffen en bouwelementen uit baggerspecie ten opzichte van traditionele niet-duurzame materialen. De intentie en ook de uitdaging is om en koppeling van vraag en aanbod tussen de waterschappen, andere overheden en zelfs marktpartijen te creëren, zoals dat ook gebeurd met andere grondstromen zoals grond.

Circulair gebruik van bagger is in principe niet nieuw. Het gebruik van bagger als bron van grondstoffen in combinatie met lokale arbeid is al zo oud als de mensheid. Er spelen op dit moment verschillende initiatieven en maatschappelijke belangen zoals het grondstoffenakkoord en het uitvoeringsprogramma Circulaire Economie om hergebruik van bagger opnieuw gemeengoed te laten zijn. Door met name de industriële revolutie zijn we dat grotendeels kwijtgeraakt.

Gegeven het belang van dit thema hebben NETICS en Deltares in aanvulling op het budget van de RVO met eigen middelen geïnvesteerd waardoor het onderzoek in deze eerste fase zoveel mogelijk diepgang kan hebben en daarmee meer impact en zo snel mogelijk de tweede fase kan worden ingezet.

1.6 Leeswijzer

Het voorliggende rapport is op zo'n wijze opgesteld dat ook lezers zonder gedegen kennis van de waterschappen, baggerspecie en het onderhoud van watergangen geïnspireerd kunnen raken van de kansen om circulair om te gaan met bagger. Omdat de kern van deze studie circulaire economie en bagger is, wordt allereerst in Hoofdstuk 2 de definitie uitgewerkt voor circulair baggergebruik (Onderzoeksvraag 3). De definitieomschrijving bestaat uit drie sleutelfactoren en twee kernwaarden geformuleerd op basis waarvan circulair kan worden omgegaan met baggerspecie. Aan de hand van een aantal voorbeelden wordt de werking ervan toegelicht.

In Hoofdstuk 3 is een inventarisatie weergegeven van kennis en ervaringen op het gebied van het verbeteren van de bagger waardoor deze duurzaam kan worden gebruikt (Onderzoeksvraag 1). Er wordt een samenvatting gegeven van de uitkomsten van de belangrijkste onderzoeksprogramma's die op dit vlak zijn uitgevoerd. In Bijlage B wordt een uitgebreide literatuurstudie weergegeven die ten grondslag ligt aan deze samenvatting. In Hoofdstuk 3 wordt ook een overzicht gegeven van de hergebruikketen en toepassingen en de daarbij geldende wettelijke kaders. In Bijlage A worden de wettelijke kaders ter verdieping in meer detail toegelicht.

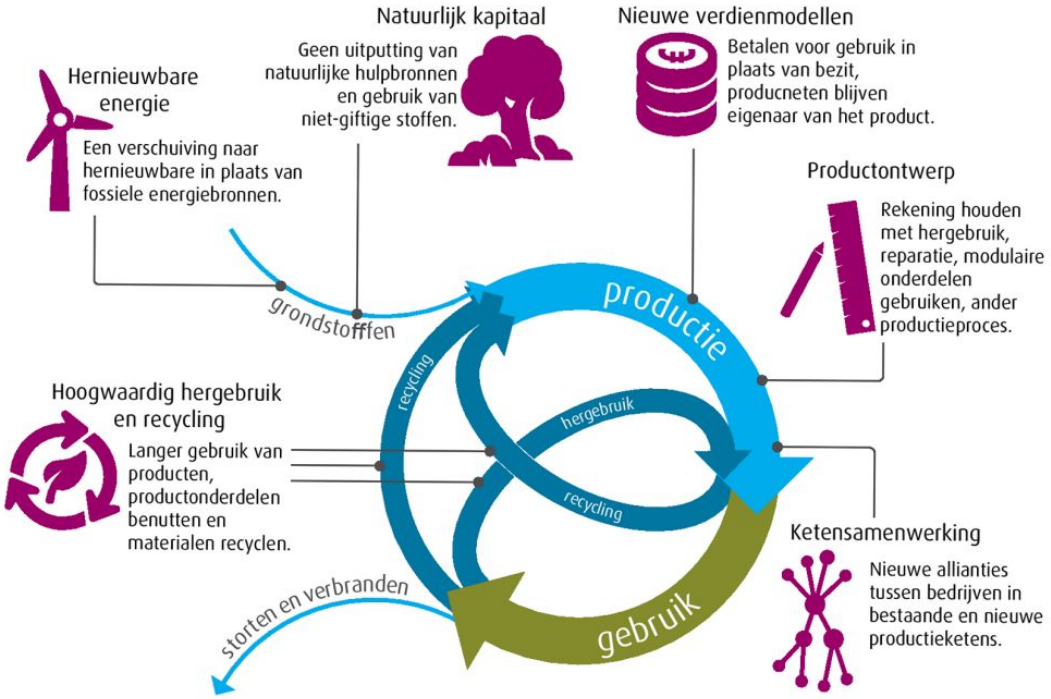
Hoofdstuk 4 start met een toelichting over hoe het waterbeheer in Nederland is georganiseerd en hoe de verantwoordelijkheden met betrekking tot het baggeren van watergangen zijn verdeeld. In aansluiting daarop wordt een overzicht gegeven van de beschikbare data over de hoeveelheden en kwaliteiten aan bagger die jaarlijks door de waterschappen worden verwijderd (Onderzoeksvraag 2). Ter afsluiting van deze eerste fase is een workshop georganiseerd met verschillende stakeholders van baggerprojecten van de waterschappen. In deze workshop zijn de in Hoofdstuk 2 geformuleerde sleutelfactoren en kernwaarden voor circulair omgaan met baggerspecie aan stakeholders gepresenteerd die vervolgens op basis van drie praktijkcases de definitie hebben geoefend en getoetst (Onderzoeksvraag 4). De resultaten van de workshop zijn samenvat in Hoofdstuk 5. In Bijlage D staat het uitgebreide rapport van de workshop met stakeholders.

In Hoofdstuk 6 worden conclusies getrokken op basis van de antwoorden op de onderzoeksvragen naar circulair gebruik van baggerspecie bij de waterschappen. Daarbij worden de kennisvragen geformuleerd en een aanbeveling gedaan voor het vervolg.

2 Definitief circulair baggergebruik

2.1 Ontwikkelen van een definitie

Circulaire economie is een generieke paraplu waaronder een scala aan strategieën en methodieken valt die gericht zijn op het verminderen van afval, het optimaal beheren van hulpbronnen en grondstoffen en op het verlengen van de levensduur van grondstoffen. Circulaire economie wordt gezien als een van de belangrijkste manieren om invulling te geven aan een duurzame toekomstscenario omdat het principe direct inhaakt op het verbruik en gebruik van onze eindige hulpbronnen.



Figuur 2-1 Elementen van een circulaire economie (volgens het Planbureau voor de Leefomgeving)

Figuur 2-1 geeft een overzicht van een typische circuleer kringloop, waar ‘productie’ overgaat in ‘gebruik’. Daarna wordt de cirkel gesloten middels recycling en hergebruik. Dus ook recycling valt binnen de principes van circulariteit. Wel is uit bovenstaande elementen op te maken dat de voorkeur ligt bij het zo klein als mogelijk houden van mogelijke reststromen ontstaan die buiten de circulaire economie vallen.

In het geval van bagger geldt dat het binnen de watersystemen al snel wordt gezien als een laagwaardige bouw- of grondstof of zelfs als een afvalstroom die geen functie of meerwaarde heeft. Bagger vormt in het watersysteem van een waterschap slechts een klein onderdeel van de grote en natuurlijke baggercyclus op bijvoorbeeld deltaniveau. Bagger kan, anders dan bijvoorbeeld veel kunstmatige producten, bijdragen aan de ecologische (of natuurlijke) zoals technische (i.e. product) functies.

De deelnemers van de workshop over circulair gebruik van baggerspecie is gevraagd aan welke termen ze denken als het gaat om circulair gebruik van baggerspecie. Deze termen worden in weergegeven.

Figuur 2-2 Woordenwolk deelnemers workshop in relatie tot definitie circulair gebruik van bagger.

In de literatuur die ten behoeve van voorliggend onderzoek is onderzocht, zijn veel definities van circulaire economie te vinden, die meestal voor producten zijn ingericht. Rode draad in definities van circulaire economie zijn drie sleutelfactoren. Deze gebruiken we voor het definiëren van circulair baggergebruik.

De drie sleutelfactoren van circulair baggergebruik zijn:

1) Maximalisatie van voordelen en waarden (bouwen aan ecologisch, sociaal en economisch kapitaal[4]);
2) Maximalisatie van gesloten kringlopen en herbruikbaarheid;
3) Minimalisatie van afvalproductie.

Hoewel veel mensen het lastig vinden om een definitie te formuleren inzake circulair gebruik van baggerspecie hebben de woorden uit de woordenwolk een duidelijke inhoudelijke relatie met de sleutelfactoren. De meeste betrokkenen denken al aan het maximaliseren van waarden en het verminderen van afval.

In het geval van baggerspecie wordt op basis van voorliggend onderzoek inclusief de uitkomsten van de workshop geadviseerd om de drie sleutelfactoren aan te vullen met de volgende kernwaarden::

A. Natuur volgen of imiteren: natuur is intrinsiek circulair;
B. Samenwerken met andere stakeholders, die helpen met het (deels) sluiten van een kringloop.

2.2 Toelichting sleutelfactoren en kernwaarden: Eems-Dollard 2050

Als voorbeeld worden in deze paragraaf de sleutelfactoren en kernwaarden gekoppeld aan een aantal lopende projecten die binnen het programma Eems-Dollard2050[5] in Groningen worden uitgevoerd. Bij deze projecten zijn zowel Deltares als NETICS betrokken.

[4] *Dit zijn tevens de drie pijlers onder duurzaamheid.*

[5] *https://eemsdollard2050.nl/category/projecten/*

De afgelopen eeuwen zijn grote gebieden rond de Eems-Dollard ingepolderd, waardoor er weinig ruimte is overgebleven waar slib kan bezinken. Daarnaast zijn de vaargeulen in de loop van de tijd dieper en breder gemaakt. Hierdoor wordt meer slib richting de ondiepe platen getransporteerd, terwijl er minder kan bezinken. Doordat er bovendien continu slib gebaggerd en gestort wordt, wervelen slibdeeltjes voortdurend op. Door al deze veranderingen samen is het water van de Eems-Dollard steeds troebeler geworden. Als we niets doen, wordt de situatie in de toekomst alleen maar erger.
Het programma ED2050 onderzoekt innovatieve methoden om van zout slib uit de Eems-Dollard op een rendabele manier meerwaardige oplossingen te maken. Het streven is om vanaf 2022 minimaal een miljoen ton slib per jaar uit de Eems-Dollard te halen. Dit slib wordt binnen het spoor 'Nuttig Toepassen Slib' nuttig hergebruikt, bijvoorbeeld voor het versterken van dijken en ophogen van landbouwgronden. Ook zijn er proeven gaande om bouwblokken van slib te persen. Het programma ziet slib niet als probleem, maar juist als een kans.

Met de pilot Kleirijperij worden innovatieve methoden onderzocht hoe van bagger uit de Eems-Dollard op een rendabele manier klei kan worden gemaakt wat geschikt is voor dijkversterking. Bij de pilot persen bouwelementen worden door NETICS bouwblokken gemaakt van dezelfde bagger.

Bij de uitvoering van de pilots zijn verschillende overheden, natuurorganisaties, kennisinstituten en het bedrijfsleven betrokken. Ze vervullen allemaal een specifieke rol en zetten zich gezamenlijk in om de proef te laten slagen.

Onderdeel van de pilot is het opstellen van een haalbaarheidsonderzoek (businesscase) waarbij bouwblokken voor verschillende toepassingen in beeld worden gebracht. Kansrijke concepten kunnen in een volgende fase door bedrijven in de markt worden opgepakt en uitgewerkt.

Zoute bagger is als onderdeel van de periodieke baggeractiviteiten van Groningen Seaports gebaggerd uit de haven van Delfzijl. Vanuit de verantwoordelijkheid van het Groninger Landschap gebeurt dit ook in de Polder Breebaart. Tegelijkertijd zoekt het waterschap Hunze en Aa's nieuwe klei om een brede dijk te bouwen die toekomstbestendig is en voldoet aan de nieuwste eisen in relatie tot onder ander de zeespiegelstijging. Projectpartner EcoShape wil kennis ontwikkelen over de beste manier om vanaf slib naar klei te maken om deze kennis in andere (internationale) projecten toe te passen.

Bij het persen van blokken van hetzelfde slib wordt samen met bedrijven in de regio een businesscase opgesteld waarbij bouwblokken voor verschillende toepassingen in beeld worden gebracht. Er wordt een 'receptenboek' opgesteld voor het persen van bouwelementen afgestemd op de samenstelling van slib uit de Eems-Dollard maar ook bij regionale reststromen die kunnen worden gebruikt om de bouwelementen te verbeteren. Bijvoorbeeld de inzet van vezels uit de suikerbietenindustrie om de treksterkte van de blokken te vergroten. Als het gaat om de afzet van de blokken wordt aansluiting gevonden bij projecten van de Provincie Groningen en Rijkswaterstaat. Met een tiental betrokken partners zijn de Provincie en Rijkswaterstaat de revitalisering van de N33 Midden aan het voorbereiden. Deze weg van Groningen naar Delfzijl dient als volledig energieneutrale rijksweg aan te worden gelegd. Er wordt gezocht hoe lokale, natuurlijke materialen op een slimme manier als grondstof kunnen dienen bij de aanleg. Bijvoorbeeld door bouwblokken uit geperst slib uit de Eems-Dollard te gebruiken. Tijdens de ondertekening van de intentieverklaring voor een duurzame N33 stond er een kunstwerk van geperste bouwblokken tentoongesteld, gemaakt van bagger uit de Eems-Dollard.

De bagger is in dit voorbeeld in principe een afvalproduct voor Groningen Seaports en Het Groninger Landschap. Echter als dijkenklei is het een waardevol product voor het waterschap Hunze en Aa's en de Provincie. Als bouwblokken is het een waardevol product voor de Provincie en Rijkswaterstaat. De kennisontwikkeling rondom het rijpen van klei is een waardevol product voor EcoShape en Rijkswaterstaat. De kennisontwikkeling bij de ontwikkeling van bouwelementen is een waardevol product voor de regionaal betrokken bedrijven en de eindgebruikers.
Deze pilots in Groningen zetten dus een afvalproduct om in een waardevol hulpbron (van bagger naar klei). In deze pilots wordt onderzoek gedaan naar de meest waardevol manier om van bagger klei of bouwelementen te maken. Door een combinatie van de natuurlijke processen van slibvang, consolidatie, rijping en de menselijke operatie van baggeren en verwerking van de bagger. Daarnaast worden bij de bouwblokken reststromen ingebracht, afkomstig uit andere kringlopen, die een meerwaarde bieden voor bijvoorbeeld de sterkteontwikkeling.

Het programma ED2050 zoekt de meest waardevol manier om bagger om te zetten in onder andere dijkenklei en bouwblokken (Sleutelfactor 1). Dit door het slib vanaf de waterbodem naar het land te brengen om daar door de natuur te laten rijpen, dus via een deel van het natuurlijke sediment kringloop (Sleutelfactor 2). Ten slotte wil men zo weinig mogelijk afvalproduct eraan over houden en zoveel mogelijk bagger nuttig inzetten en van de kansen die mogelijk een vervolg kan krijgen is te onderzoeken of bagger uit de kleirijperij die vanwege de aanwezigheid van plantenvezels mogelijk niet geschikt is als dijkenklei juist vanwege de vezels meerwaarde biedt voor de bouwblokken van bagger (Sleutelfactor 3). Deze pilots in Groningen zijn afhankelijk van natuurlijke processen (Kernwaarde A) en bestaan dankzij een samenwerking tussen verschillende partners die erop gericht zijn volgens de sleutelfactoren te werken (Kernwaarde B).

2.3 Rijkswaterstaat en Circulaire Economie in de grondketen

In het rapport 'Betekenis van circulaire economie voor de grondketen[6]' wat in opdracht van Rijkswaterstaat is opgesteld zijn de drie hoofdprincipes uitgewerkt die komen vanuit het circulaire denkmodel van de Ellen MacArthur Foundation. Dit denkmodel is opgezet door de Ellen MacArthur Foundation in 2010 en is wereldwijd een van de meest gebruikte denkmodellen op het gebied van CE. In de theorie van de Ellen MacArthur foundation wordt onderscheid gemaakt tussen een technische kringloop die draait om niet hernieuwbare grondstoffen en een biologische kringloop waarin hernieuwbare grondstoffen centraal staan. De Ellen MacArthur Foundation komt aan drie hoofdprincipes die vergelijkbaar aan de bovengenoemde drie sleutelfuncties zijn, wel met een grotere accent naar producten en hergebruik, die typische is van de "producten" kringloop:

1. Zo min mogelijk gebruik maken van niet hernieuwbare/schaarse grondstoffen
2. Sluiten van kringlopen waarde-optimalisatie
3. Vermijden van nieuwe afvalstromen (lekstromen) en negatieve gevolgen.

Grond heeft zowel een technologische, oftewel toepassingswaarde als een biologische, oftewel natuurlijk kapitaal waarde. Het scheiden van de twee functies in twee ketens zoals dat in het denkmodel van de Ellen MacArthur Foundation gebeurt, is binnen de grondketen echter niet mogelijk, omdat beide functies aanwezig zijn binnen grond. Daarom zijn onze sleutelfactoren gefocust op het creëren en maximaliseren van de waarde.

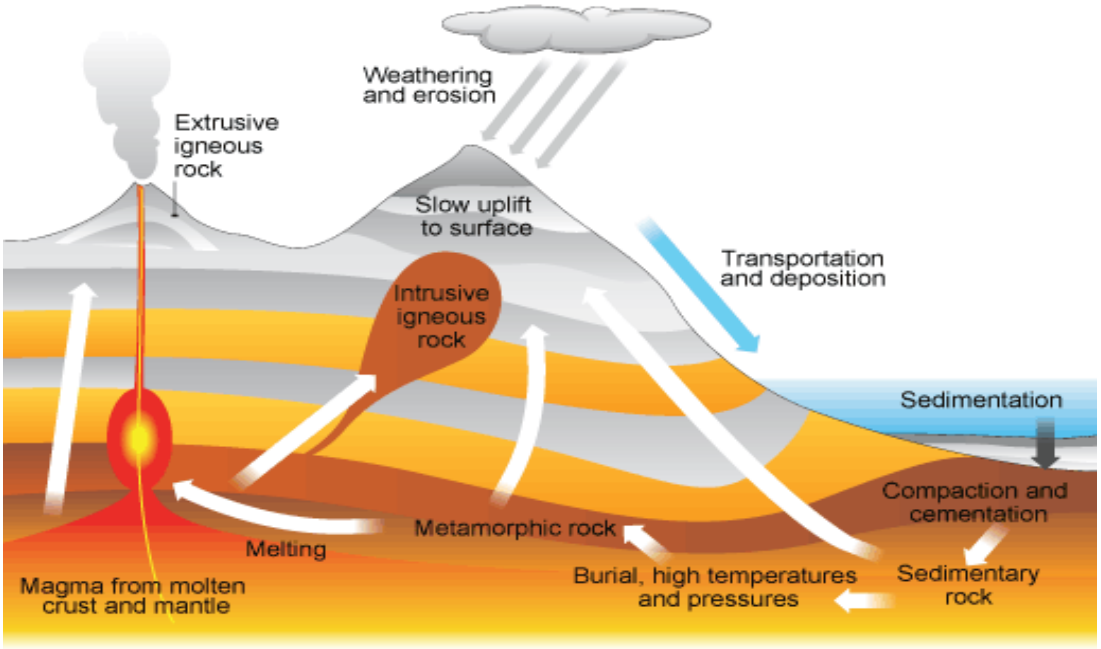
[6] *Betekenis van circulaire economie voor de grondketen, TAUW, 16 april 2018*

Het uitgangspunt van het onderzoek naar circulair gebruik van baggerspecie bij de waterschappen is het hergebruik van bagger. De kern van circulaire economie en bagger is de verandering in de visie van bagger als afval naar bagger als waardevolle grondstof. Maar wat is de waarde van bagger? Bagger staat centraal in de natuurlijke zoals technologische kringlopen, dus waarde moet beide functies omvatten. Waarde is vaak gerelateerd aan euro's (i.e. financiële waarde). Bij producten is deze waardeketen vaak eenduidig te kwantificeren. Bij het geven van waarde aan natuurlijke systemen (ecosysteemdiensten) is dit minder duidelijk en kan het voor verschillende stakeholders anders zijn.

2.4 Waterschappen in de sediment kringloop

De natuurlijke sediment kringloop is intrinsiek circulair en heeft een lange tijdspanne en een grote schaal. De waterschappen en hun baggersprojecten zijn slechts een heel klein onderdeel in tijd, impact en ruimte van deze grotere kringloop. Het verdient aanbeveling als de waterschappen zich meer zullen richten op het zo goed mogelijk bijdragen aan de grotere natuurlijke sediment kringloop dan aan het sluiten van de eigen baggerkringloop. Met een dergelijke focus van de waterschappers wordt aan de hand van de kernwaarden zo hoogwaardig als mogelijk invulling gegeven aan de drie sleutelfactoren.

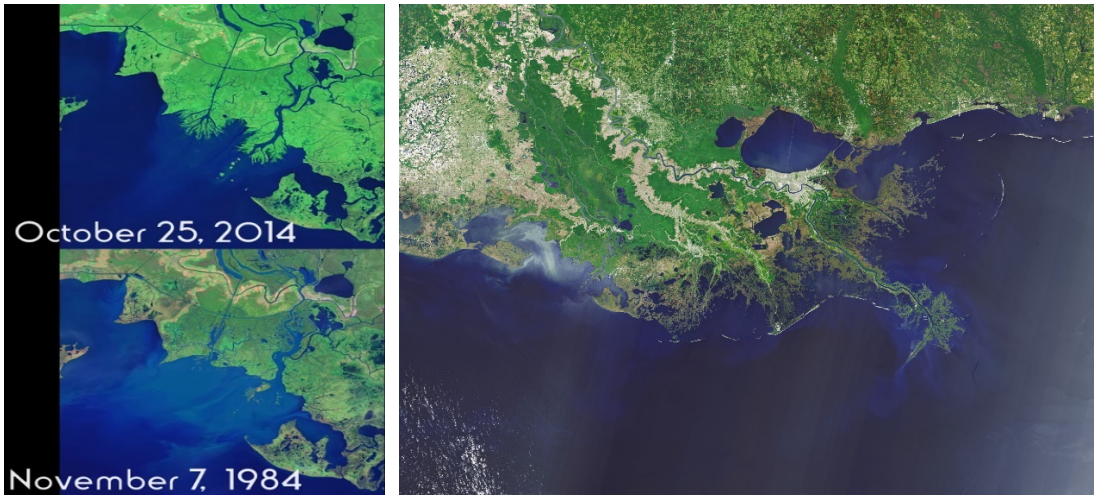
Figuur 2-3 illustreert de natuurlijke sediment kringloop. Sediment erodeert onder weersinvloeden vanaf de bergen en wordt door regenwater en wind in de rivieren gebracht. Deze rivieren brengen het sediment naar de kust middels een (vaak) langzaam proces van erosie en sedimentatie. Het sediment zet zich uiteindelijk bij de riviermonding af op de zeebodem waar langzame geologische processen brengen het sediment terug aan de bergen. De natuurlijke sediment kringloop dekt dus een grote tijdspanne, ruimtelijke schalen en impact.



Figuur 2-3 De natuurlijke sediment kringloop. Weer erodeert het sediment in de bergen, die door de rivieren naar de zee is getransporteerd. Na lange tijd en grote afstanden is het sediment teruggebracht aan de bergen.

De Mississippi en Wax Lake Delta's geven een perfect indruk van de invloed van de mensheid aan de natuurlijk sediment kringloop. De Wax Lake Delta (Figuur 2-4) ontwikkelde zich vanaf 1984 nadat zich er een nieuwe aftakking van de Mississippi River vormde na een gedeeltelijke dijkdoorbraak langs de rivier. De nieuwe rivier bracht nieuw sediment naar een ander deel van de Mississippi Golf, en ontwikkelde daar een symmetrisch delta waar processen van depositie, erosie en avulsie zich afwisselen en een natuurlijke balans vormen. Dit voorbeeld geeft weer wat de meest natuurlijke, dus duurzame, manier is om land te creëren en te handhaven. Zonder dijken/kades verspreidt het water bij hoogwater zich over een veel groter gebied. Baggerspecie slaat neer, maar blijft in een natuurlijk evenwicht en onder een bepaald niveau, zie Figuur 2-5.

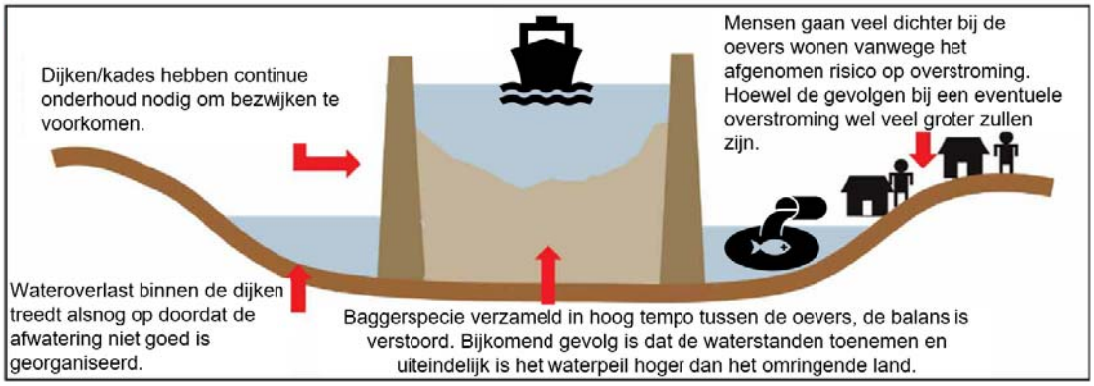
Ongeveer 100 km ten oosten van de Wax Lake Delta ligt de Mississippi Delta waar men om steden en economische activiteiten te beschermen, dijken langs de rivier heeft opgebouwd. Daardoor wordt al het sediment naar de zee getransporteerd en vindt er bijvoorbeeld geen depositie in de rivierdelta plaats. Met als consequentie een bodemdaling van de stad New Orleans en zelfs de gehele kustregio rond de delta. Dit leidt vervolgens weer tot een groter overstromingsrisico ten tijde van stormen en orkanen. Door klimaatverandering en zeespiegelstijging vergroten de risico's voor menselijke activiteiten in de delta's. Dit voorbeeld van de Mississippi Delta is vergelijkbaar met zeer veel andere regio's in de wereld, in wezen in bijna alle deltagebieden waar tevens het grootste deel van de wereldpopulatie woont, en dus ook Nederland.



Figuur 2-4. De Wax Lake Delta (links) en de Mississippi Rivier Delta (rechts), in Louisiana, Amerika.

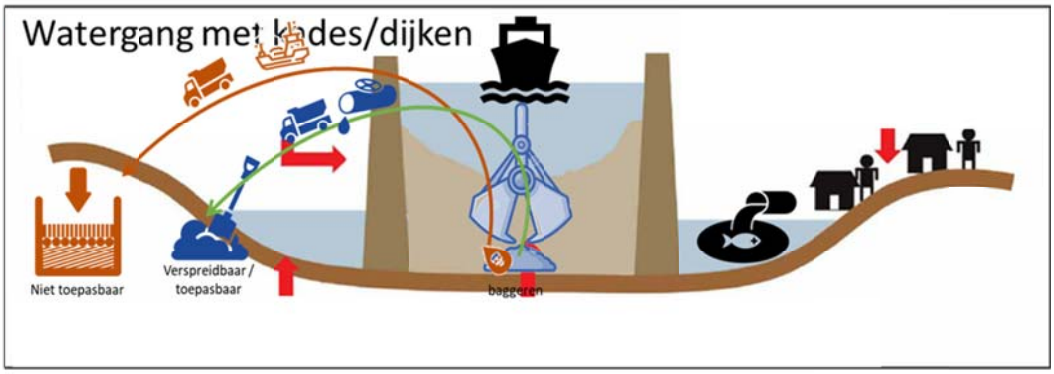
Figuur 2-5 Watergang met natuurlijk verloop (sedimentatie middels de natuur)

Net zoals in Nederland worden in de Verenigde Staten steden en polders beschermd middels dijken. Langzaam wordt de bodem van de kanalen en rivieren hoger dan de binnendijks gebieden (Figuur 2-6). De natuurlijke (en dus circulair) processen van sedimentatie en avulsie aan de basis van duurzame delta ontwikkeling (zoals in de Wax Lake Delta) is door menselijke activiteiten verstoord. Echter, ligt voor de waterschappen de kans om bij te dragen aan deze natuurlijke processen, door baggerspecie zoveel als mogelijk te gebruiken als ophoging van het land wat normaal gesproken bij de afwezigheid van dijken door de natuur zelf gebeurt.



Figuur 2-6 De huidige toestand van waterlopen en binnendijkse gebieden in veel deltagebieden ter wereld (en dus ook in Nederland)

Door het baggeren van watergangen om aan de legger te voldoen, brengen de waterschappen feitelijk sediment naar de oude overstromingsvlakte. Daardoor wordt het door de mens verstoorde natuurlijke proces van depositie enigszins hersteld (Figuur 2-7).



Figuur 2-7. De huidige toestand van kanalen en binnendijks gebieden in de delta's en de typische baggerketen van de waterschappen in Nederland.

Er zijn veel definities van circulariteit, met gedetailleerde analyses van de verschillende stappen in veelal gericht producten kringlopen. In het geval van sediment (i.e. een natuurlijke grondstof) lijk het dus logisch om terug te kijken naar de natuurlijke processen, en hoe deze kunnen worden geïmiteerd. Gegeven de relatief grote tijdspanne en grote ruimtelijke schaal van de sedimentkringloop lijkt het onverstandig dat een waterschap zich individueel richt op het sluiten van de baggerkringloop. Het is daarvoor nodig om samen met andere partijen te

werken, naar de oplossing die de meest waarde voor iedereen in de middellange tot lange termijn biedt. Dit is dus in lijn met de sleutelfactoren en kernwaarden van circulariteit van bagger die in dit rapport zijn geïntroduceerd.

2.5 Discussie

In dit hoofdstuk is een definitie gegeven van de circulariteit van baggergebruik gebaseerd op bestaande en veel gebruikte definities voor circulaire economie. Circulariteit is als concept geïnspireerd op de werking van natuurlijke kringlopen. Deze kunnen binnen de tijdsspanne van een waterschap niet een op een worden nagebootst, maar wel kunnen de principes worden meegenomen bij het omgaan met bagger.

De drie sleutelfactoren van circulair baggergebruik zijn:

1) Maximalisatie van voordelen en waarden (bouwen aan ecologisch, sociaal en economisch kapitaal);
2) Maximalisatie van gesloten kringlopen en herbruikbaarheid;
3) Minimalisatie van afvalproductie

In het geval van bagger wordt geadviseerd om de sleutelfactoren aan te vullen met twee kernwaarden:

A. Natuur volgen of imiteren: natuur is intrinsiek circulair;
B. Samenwerken met andere stakeholders, die helpen met het (deels) sluiten van een kringloop.

Circulair baggergebruik moet begrepen worden als een schaal. Dat wil zeggen dat een project meer of minder circulair kan zijn wat betreft baggergebruik, en dus niet perse ‘wel of niet’ circulair is. In een vervolg wordt aanbevolen om een schaal specifiek voor circulair baggergebruik te ontwikkelen, waarmee de mate van circulariteit van projecten in beeld gebracht kan worden en tevens een prikkel kan geven om waar nodig meer circulair om te gaan met de bagger.

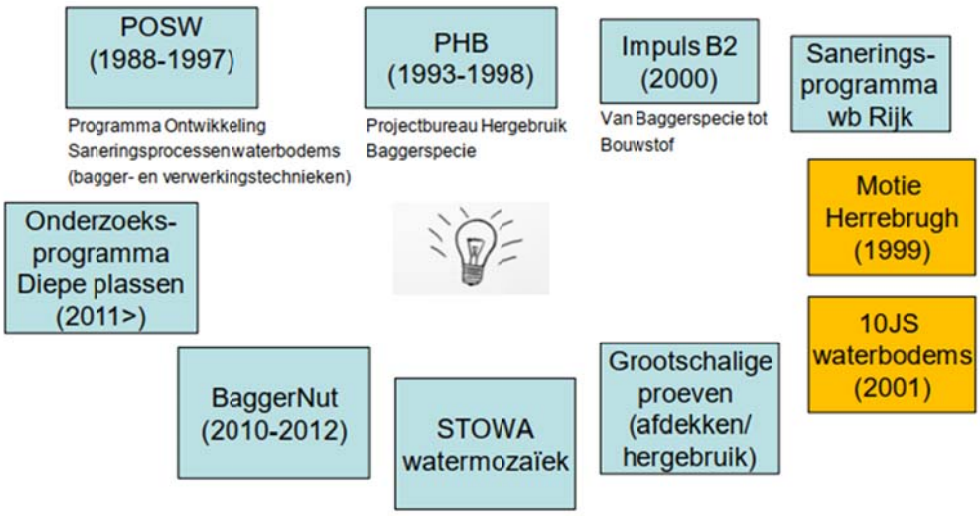
3 Kennis en ervaring in duurzaam gebruik van bagger

Na de vastlegging van circulariteit en bagger, vat dit hoofdstuk de historie van baggerhergebruik in Nederlands samen en wordt een overzicht gegeven van de ontwikkeling van de wet- en regelgeving. Daarbij wordt steeds de relatie gelegd met de waterschappen. De uitwerking van de figuren en tabellen is in Bijlage B te vinden.

In dit hoofdstuk wordt invulling gegeven aan Onderzoeksvraag 1: Opstellen kennisoverzicht en lopende initiatieven op het gebied van hergebruik van bagger. Het doel is in kaart brengen van de gebruikte technieken en toepassingen in studies en experimenten die de afgelopen 30 jaar in Nederland in samenwerking met de waterschappen zijn uitgevoerd met betrekking tot de inzet van verbetertechnieken om zowel schone als verontreinigde baggerspecie duurzaam in te kunnen zetten en daarmee her te gebruiken.

3.1 25 jaar programma's

De afgelopen decennia zijn in Nederland diverse programma's uitgevoerd waarbij onderzoek is gedaan naar mogelijkheden om de afvoer te vergemakkelijken of hergebruik van bagger te optimaliseren. Daarbij is in de wet- en regelgeving steeds meer ruimte ontstaan voor maatwerk op gebiedsniveau. Het schema in Figuur 3-1 geeft een overzicht van de meest bekende onderzoeken en politieke ingrepen met betrekking tot de baggeruitdagingen in Nederland.



Figuur 3-1 Een greep uit 25 jaar onderzoek en politiek maken

In Tabel 3-1 worden de in Figuur 3-1 genoemde onderzoeksprogramma's samengevat. Per onderzoek is in de tabel aangegeven of er technieken zijn onderzocht waarmee schone en verontreinigde baggerspecie kan worden opgewerkt en duurzaam worden hergebruikt.

Tabel 3-1 Overzicht van de belangrijkste programma's in relatie tot hergebruik van bagger in Nederland en die in deze studie zijn gereviewd. De laatste kolom geeft aan of de bijbehorende rapporten inzicht geven in niet eerder toegelichte verwerkingstechnieken die kunnen leiden tot duurzame toepassing van baggerspecie.

Periode	Naam programma	Korte samenvatting	Nieuwe duurzame toepassing?
1988 – 1997	Programma Ontwikkeling Saneringsprocessen Waterbodems (POSW)	Dit programma had de focus op het in kaart brengen van geschikte bagger en verwerkingstechnieken, specifiek gericht op het saneren van verontreinigde baggerspecie.	Ja, verwerkingstechnieken
1993 – 1998	Projectbureau Hergebruik Baggerspecie (PHB)	Anders dan bij de POSW was de belangrijkste taak van het PHB het bevorderen van het gebruik van producten uit baggerspecie	Ja, verwerkingstechnieken en duurzame toepassingen
1998 – 2001	Kenniscentrum Waterbodems (AKWA)	Binnen het AKWA werd verder gewerkt aan verwerkingstechnieken zoals in POSW en PHB onderzocht.	Nee, ondanks de samenvatting van het programma is er nog geen literatuur getraceerd met specifieke informatie van nieuwe technieken die leiden tot duurzame toepassing van bagger.
2000	Impuls B2 (Van Baggerspecie tot Bouwstof)	Bij de afronding van het POSW en het PHB is geconstateerd dat grootschalige verwerking werd bemoeilijkt door een aantal knelpunten zoals de hoge kosten van verwerking en de kwaliteit van verwerkingsproducten in relatie tot de kwaliteitseisen uit het toenmalige Bouwstoffenbesluit. In het programma Impuls B2 is daarom in nauwe samenwerking met de markt een aantal scenario's voor verwerking van baggerspecie uitgewerkt en zijn de kosten van deze scenario's berekend. Het rapport van deze studie heeft gediend als basisdocument ter voorbereiding van het standpunt van de regering over de verwerking van baggerspecie.	Nee, de rapporten borduren voort op de uitkomsten van het POSW programma en vooral het PHB.
2001 – 2005	Tienjarenscenario Waterbodems	De resultaten van het project Impuls B2 vormden de bouwsteen voor het Tienjarenscenario Waterbodems (TJS). Allereerst is bij alle waterbeheerders geïnventariseerd hoe groot het baggeraanbod was. De informatie is samengebracht in het Basisdocument TJS 'Bagger in Beeld'. Als eindproduct is een (MBKA) opgeleverd met een bestuurlijk advies en een startovereenkomst. De titel van de is "Bagger: het onzichtbare goud" waarmee men wilde aantonen dat baggeren tot een meerwaarde leidt. De MKBA heeft in 2005 geleid tot een kabinetsstandpunt voor een duurzame aanpak van waterbodems	Nee, wel is het document 'bagger in beeld' bestudeert ten behoeve van de inventarisatie van baggerhoeveelheden in Hoofdstuk 4.

2004 – 2009	Proefproject Grootschalige verwerking baggerspecie	Dit programma had als doel om vast te stellen of en onder welke condities en tegen welke prijs structurele grootschalige verwerking van verontreinigde baggerspecie tot een toepasbare bouwstof door de markt mogelijk is, zodat een besparing op depotvolume gerealiseerd kan worden.	Nee, de bijbehorende literatuur geeft geen informatie over nieuwe verwerkingstechnieken of toepassingen voor bagger.
2010 – 2012	BaggerNut	Het project Maatregelen BAGGERen en NUTriënten (BaggerNut) is ontstaan vanwege de behoefte om het ingewikkelde samenspel tussen water, bodem en organismen beter te begrijpen. BaggerNut geeft een overzicht van bestaande en nieuwe kennis op het gebied van interne nalevering van nutriënten van de waterbodem naar de waterlaag.	Nee, dit programma heeft zich gericht op waterkwaliteit in relatie tot de aanwezige baggerspecie en niet op de mogelijke verwerkingstechnieken en toepassingen.
2011 – heden	Onderzoeksprogramma Diepe plassen	De afgelopen jaren zijn diverse diepe waterplassen, veelal voormalige zandwinputten, 'verondiept' met baggerspecie. Het programma onderzoekt de gevolgen en de kansen in relatie tot de omgeving.	Nee, voor het verondiepen van diepe plassen zijn geen nieuwe technieken ontwikkelt. Het storten van bagger, gebeurt zonder dat er een bewerking aan vooraf gaat. Verondiepen wordt wel als nuttige toepassing gezien.

Uit Tabel 3-1 blijkt dat van onderstaande programma's literatuur beschikbaar is waarin technieken zijn beschreven waarmee baggerspecie kan worden verbetert waardoor duurzame toepassing mogelijk wordt:

1. Programma Ontwikkeling Saneringsprocessen Waterbodems (POSW).
2. Projectbureau Hergebruik Baggerspecie (PHB)

In bijlage B is voor de programma's 1. POSW en 2. PHB een gedetailleerde literatuurstudie uitgewerkt. Daarbij is per programma een opsomming gegeven welke rapporten zijn verzameld en bestudeerd. Van alle programma's genoemd in Tabel 3-1 is zoveel mogelijk digitale literatuur verzameld, wat in het digitale archief van dit onderzoek naar 'circulair gebruik van bagger bij de waterschappen' is opgeslagen. Mogelijk dat deze onderzoeken in een volgende fase nog van nut kunnen zijn. De verwachting is dat in een volgende fase nog meer rapporten zullen worden opgespoord, niet alle rapporten zijn logisch geclusterd.

3.1.1 Richtlijn herstel en beheer (water)bodemkwaliteit

Bijzondere vermelding verdient bodemrichtlijn.nl. Uit de literatuurstudie kan worden geconcludeerd dat in deze digitale richtlijn veel van de opgedane kennis uit de onderzoeken van Figuur 3-1 is terug te vinden. De bodemrichtlijn heet formeel 'De Richtlijn herstel en beheer (water)bodemkwaliteit', is primair een kennisdocument en heeft tot doel het ontsluiten van relevante informatie op het gebied van bodem- en waterbodembeheer.

De digitale richtlijn is een product van de gezamenlijke overheden. Het is een groeiproduct dat tot 31 december 2009 werd ontwikkeld onder verantwoordelijkheid van een Redactieraad. In deze Redactieraad waren de Ministeries van VROM en V&W, Bodem+, IPO, VNG, Unie van Waterschappen en SKB vertegenwoordigd. Vanaf 1 januari 2010 is de beheerverantwoordelijkheid van de richtlijn overgegaan naar Rijkswaterstaat Bodem+. Naast kennisdeling, -overdracht, en -ontwikkeling voert Bodem+ ook enkele wettelijke taken uit die bijdragen aan een duurzaam bodembeheer.

De richtlijn heeft de pretentie om faciliterend te zijn aan het ontwerpproces en ondersteunend aan de besluitvorming in concrete situaties. In de praktijk heeft de richtlijn een bijzondere status. Dit komt omdat verschillende algemene maatregelen van bestuur vallend onder de Wet milieubeheer, bijvoorbeeld ten aanzien van de 'best beschikbare technieken', verwijzen naar de richtlijn. Ook steeds meer beleidsnota's, beoordelingsrichtlijnen en protocollen refereren eraan.

3.1.2 Programma Ontwikkeling Saneringsprocessen Waterbodems (POSW)

Het hoofddoel van het POSW was om milieuvriendelijke bagger- en verwerkingsmethoden te ontwikkelen en te operationaliseren. Het POSW is in twee fases uitgevoerd. In Fase 1 zijn diverse technieken onderzocht waarvan een aantal positieve resultaten hebben opgeleverd. In Fase 2 van het POSW is een vervolg gegeven aan de doorontwikkeling en operationalisering van de meest veelbelovende verwerkingstechnieken. Daarnaast zijn nieuwe technieken meegenomen die in andere landen operationeel succesvol zijn gebleken en waar gedurende het onderzoek informatie over was gekregen. Binnen het programma zijn vier pilot saneringslocaties geselecteerd, de werken ervan voorbereid, uitgevoerd en geëvalueerd. Tabel 3-2 vat de binnen het POSW onderzochte verwerkingstechnieken samen.

Tabel 3-2. Resultaten van de POSW studies

Verwerkingstechniek	Type	Status (1997)	Toepassing
Opstroomklasseerders en hydrocyclonen	Behandeling	Commercieel beschikbaar	Scheiding van zandige specie op deeltjes (winning schone fractie en concentratie verontreiniging in reststroom)
Flotatie	Behandeling	Commercieel beschikbaar	Polishing van zandige fracties na scheiding
Zeefbandpers	Behandeling	Commercieel beschikbaar	Intensief ontwateren van de fijne reststromen na scheiding
Thermische reiniging in een draaitrommeloven	Behandeling	Commercieel beschikbaar voor grond. In principe ook geschikt voor reiniging van bagger	Verwijderen organische verontreiniging
Natte Oxidatie VerTech proces	Behandeling	Sinds 2004 niet meer beschikbaar	verminderen organische verontreiniging van de fijne residustromen na zandafscheiding
Landfarming en kasfarming	Behandeling	Commercieel beschikbaar	Verminderen organische verontreiniging bij zandige specie
Reactoren	Behandeling	Opgeschaald tot semi-praktijk	Verminderen organische verontreinigingen in de reststroom na zandscheiding
Thermisch immobiliseren (sinteren en smelten)	Behandeling	Ervaring aanwezig, niet commercieel beschikbaar	verwijderen en verbranden organische stoffen in residustromen na zandafscheiding. Zware metalen worden in het product vastgelegd of worden tijdens het proces afgevangen

Naast bovenstaande technieken zijn door de POSW de volgende minder bruikbare of minder perspectiefrijke technieken genoemd: slibflotatie, chemische reiniging met oplosmiddelen, biologische in situ reiniging, directe kasfarming en chemische immobilisatie. Deze waren destijds niet commercieel beschikbaar. Sindsdien heeft chemische immobilisatie onder de naam koude immobilisatie wel een praktijktoepassing gekregen.

Binnen het POSW onderzoek is tevens de relatie onderzocht tussen de verwerkingstechniek en of het bij bepaalde fracties en verontreinigingen inzetbaar is. Dit is weergegeven in Tabel 3-3 waarbij al de vertaling is gemaakt naar het vigerende Besluit bodemkwaliteit (Bbk). Op bodemrichtllijn.nl is bovenstaande tabel onderverdeeld in diverse deeltabellen.

Tabel 3-3. Geschiktheid van verwerkingstechnieken bij bepaalde fracties en verontreinigingen

	Soort fracties				Type verontreiniging			
Vewerkingstechniek	Zandrijk	Matig zandig	Slibrijk	Fijne factie	Metalen	PAK/ Olie	OMIVE	Cocktail
Rijpen (ontwateren)								
Landfarming								
Thermische desorptie								
Bioreactoren								
Solventextractie								
Natte oxidatie								
Thermische immobilisatie								
Koude immobilisatie								
Sedimentatiebekken								
Hydrocyclonage								
	Toepasbaar bij gehalten < en > Besluit bodemkwaliteit							
	Toepasbaar bij gehalten < Besluit bodemkwaliteit							
	Ongeschikt							

Voor een aantal technieken moet, voorafgaand aan de behandeling, een vooronderzoek worden uitgevoerd om te onderzoeken of de toepassing van de techniek in combinatie met de bagger en de gewenste eigenschappen tot het gewenste resultaat leidt. Dit geldt vooral voor technieken als landfarming, sedimentatiebekken, mechanisch scheiden, rijping en koude immobilisatie. De in de tabel weergegeven toepassingsgebieden zijn een indicatie.
Rijping is een techniek die alleen toegepast kan worden voor materiaal dat minder sterk verontreinigd is dan de grenzen gesteld in het Bbk. Naast de soort verontreiniging (metalen dan wel organische contaminanten) speelt ook de mate van verontreiniging een rol.

Een klein deel van de in Tabel 3-2 genoemde technieken is niet meer commercieel beschikbaar. Een ander deel wordt heden ten dage nog steeds toegepast. In de decennia na het verschijnen van het evaluatierapport van de POSW is voor de commercieel beschikbare methoden een vergunning c.q. certificaat ontwikkeld waarbinnen de baggerspecie mag worden verwerkt.

Anno 2019 zijn de scheidings- en reinigingstechnieken van grond en baggerspecie in een protocol onder de BRL 7500 vastgelegd. Dit protocol 7510 bevat nadere regels waaraan een certificaathouder zich moet houden bij de procesmatige ex-situ reiniging en immobilisatie van grond en baggerspecie. Hiermee is geregeld dat de certificaathouder de geldende wet- en regelgeving nakomt, zoals het Besluit Bodemkwaliteit.

Het betreft de volgende technieken:

- Thermische reiniging;
- Extractieve reiniging/bewerking,
- Zandscheiding middels sedimentatie en hydrocyclonage;
- Biologische reiniging/behandeling (incl. landfarming);
- Koude-immobilisatie
- Fysische scheiding (nat of droog zeven).

Het protocol geeft daarmee een actueel totaaloverzicht van de voorwaarden die worden gesteld aan de bagger voordat het voor een van de verwerkingstechnieken in aanmerking komt. In bijlage C zijn de tabellen weergegeven uit het protocol waar deze voorwaarden zijn weergegeven.

3.1.3 Projectbureau hergebruik Baggerspecie (PHB)

Het overheidsbeleid maakte destijds onderscheid tussen (1) de verwerking van verontreinigde baggerspecie en (2) het hergebruik van baggerspecie gericht op de gehele baggerstroom. Daar waar het POSW zich vooral richtte op verwerkingstechnieken (1) lag de focus van het PHB op de juiste inzet van verwerkingstechnieken waarbij eisen vanuit de toepassing zijn meegenomen (1 en 2). Er is onderzoek gedaan naar kansrijke toepassingsmogelijkheden van zowel verwerkte als onverwerkte baggerspecie. Het PHB heeft haar activiteiten gegroepeerd in een aantal deelprojecten:

1. Zand uit baggerspecie
2. Klei uit baggerspecie
3. Directe toepassing

Binnen het onderzoek naar “zand uit baggerspecie” is vooral aandacht geschonken aan zandscheiding middels hydrocylonage en scheidingsbekkens. Bij het onderzoek naar “klei uit baggerspecie” is de aandacht gegaan naar kennisontwikkeling over het rijpen van klei en welke eigenschappen de klei vervolgens heeft. Deze zijn naast de eisen voor natuurlijke klei gelegd. Het onderzoek geeft vooral inzicht in de parameters die onderzocht dienen te worden om te kunnen beoordelen of gerijpte klei uit baggerspecie voldoende kwaliteit heeft om klei afkomstig uit de bodem te vervangen.

Binnen het deelproject “directe toepassing’ is onderzocht in hoeverre het direct toepassen van baggerspecie juridisch, technisch en maatschappelijk verantwoord en haalbaar was.

3.2 Literatuur vanaf 2004

De stroom aan literatuur over het verwerken en toepassen van baggerspecie droogt zo rond de eeuwwisseling op. Sindsdien lopen er ook geen grote programma’s meer gericht op het verwerken en duurzaam hergebruik baggerspecie. In 2004 verschijnt er van Rijkswaterstaat een boekje met de titel: “Bouwen met baggerspecie dagelijkse praktijk”.
Het geeft een overzicht van praktijkvoorbeelden van de diverse verwerkingsmethoden voor baggerspecie. Daarnaast laat het bouwmaterialen en bouwwerken zien waar baggerspecie succesvol is toegepast. Ook de praktijkproeven uit het POSW en PHB programma zijn in dit boekje terug te vinden. Bouwmaterialen uit baggerspecie zijn verdeeld in**:**

- Ontwateren, rijpen en landfarmen van baggerspecie tot klei en grond;
- Zandscheiden uit baggerspecie;
- Koude immobilisatie van bagger met cement immobilisaat en licht gebonden stabilisaat;
- Thermische immobilisatie tot kunstgrind, bakstenen, kunstbasalt en granulaat.

De literatuur die na 2004 is verschenen gaat voornamelijk over de toepassingsmogelijkheden voor grondstoffen uit baggerspecie die in diverse (pilot)projecten succesvol zijn ingezet. Er wordt geen nieuwe verwerkingsmethoden geïntroduceerd. Voor het verwerken van baggerspecie tot bouwmaterialen is in deze projecten het protocol 7510 toegepast.

Een nieuwe techniek die voor het eerst in het boekje aan bod komt is het gebruik van geotextiele tubes. Dit zijn langwerpige 'worsten' van waterdoorlatend maar gronddicht geotextiel. De afmetingen zijn op maat te maken en variëren qua lengte tussen de 10 en 50 meter en qua omtrek tussen de 3 en 30 meter. Baggerspecie wordt via een aantal vulopeningen rechtstreeks in de tubes gepompt. Het water gaat vervolgens via het doorlatende doek dat hierbij twee functies vervult: het is een filterdoek (scheiding van water en sediment) en tevens een steundoek (bijeen houden van de slappe specie). Hierdoor kan de baggertube in een civieltechnische constructie worden verwerkt als een bouwelement in de vorm van een gewapende grondconstructie.

Het boekje van Rijkswaterstaat geeft onderstaande ervaringsoverzicht van bouwwerken met bouwmaterialen uit baggerspecie:

Type bouwwerk	Locatie	Type bouwmateriaal uit baggerspecie
Wegophoging	A5, Hoofddorp	Gerijpte klei uit baggerspecie
	A50, Veghel	Gerijpte klei uit baggerspecie
Terrein ophogingen en geluidswallen	Rotterdam (opvulling vijvers)	Zand uit zandscheiding sedimentatiebekkens Slufter
	Leiderdorp	Gerijpte bagger uit gemeentelijke watergangen voor ophoging van een begraafplaats
	Oost-Souburg	Geluidswallen van gerijpte baggerspecie
	Beuningen	Geluidswallen van gerijpte baggerspecie
	Groningen	Aanleg van een nieuwe wierde in Groningen met gerijpte baggerspecie
Zandbed in wegen	Valleikanaal	Zand uit zandscheiding middels hydrocyclonage
	Buitenhuizen	Zand uit zandscheiding middels hydrocyclonage
	Voorne	Zand uit zandscheiding middels sedimentatiebekkens Slufter
	Scharnegoutum	Zand uit zandscheiding middels sedimentatiebekkens IJsseloog
Droge natuur en recreatie	Enkhuizen (ophoging in recreatiebos)	Gerijpte lokaal beschikbare bagger Aan de bagger zijn maaisel en compost toegevoegd om het effect op de immobilisatie van sulfaat te meten. Beiden hadden een gunstig effect.
	't Wierholt (ophoging recreatiebos)	Gerijpte lokaal beschikbare bagger
	Sassenheim (leeflaag en geluidswal)	Gerijpte lokaal beschikbare bagger
	Friesland (herinrichting recreatiegebied)	Gerijpte lokaal beschikbare bagger
Natte natuur en recreatie	IJsselmonding	Ontwaterde en gerijpte zandige en kleiige bagger De specie is gewonnen in door het gebied lopende geulen.
	Randmeren	Ontwatering en rijping van zandige en kleiige bagger
Afdekken Stortplaatsen	Nauerna	Ontwaterde en gerijpte baggerspecie
	Schoteroog	Gerijpte baggerspecie
	Ilperveld	Ontwaterde en gerijpte baggerspecie
	Cromstrijen	Gerijpte baggerspecie

	Gelderland	Rijpen en zandscheiden met sedimentatiebekkens en hydrocyclonen. Puin en grind is afgescheiden en gebruikt voor onttrekking stortgas
Dijken en zeeweringen	Hoek van Holland	Speciaal mengsel van gerijpte klei en gescheiden zand (hydrocyclonage) uit baggerspecie van het Hoogheemraadschap van Delfland
	Streefkerk	Gerijpte klei uit baggerspecie
	Maasvlakte	Zand uit zandscheiding middels sedimentatiebekkens Slufter
Dijkbekleding	Woudrichem	Kunstbasalt middels thermische immobilisatie
Oevers en kaden	Friesland	Gerijpte baggerspecie
	Oostwoud	Gerijpte baggerspecie
	Den Bosch	Ontwaterde en gestabiliseerde bagger in permanente geotextiele tubes
	Loosdrecht	Ontwaterde en gestabiliseerde bagger in permanente geotextiele tubes
	Woerden	Ontwaterde bagger middels geotextiele tubes
Wegfundering	Groningen	Koud geïmmobiliseerd mengsel met bagger (combinatie van 25% bagger, 60% rioolzand en 15% cement)
	Goes	Koud geïmmobiliseerde (cement) bagger
	’t Wierholt	Koud geïmmobiliseerde (cement) bagger
Utiliteitsbouw	Hoek van Holland	Bakstenen uit thermisch geïmmobiliseerd mengsel van gerijpte kleiige baggerspecie en rivierklei
	Hamburg	Bakstenen uit thermisch geïmmobiliseerd mengsel van gerijpte baggerspecie en 30% natuurklei
	Beverwijk	Bakstenen uit thermisch geïmmobiliseerde gerijpte kleiige baggerspecie

In de overige onderzochte literatuur wordt vooral samenvattingen gegeven van de technieken en toepassingen uit de POSW en PHB onderzoeken. In het rapport ‘Bagger anders bekeken, beter benut’ van Deltares en in de ‘Technologie scan versneld ophogen met baggerspecie’ van Deltares, uit 2009 wordt een state of the art overzicht gegeven van de in 2009 beschikbare technieken om sneller te kunnen bouwen met baggerspecie. Juist omdat dit tijdsaspect als belemmering door de toepassers wordt ervaren. Het rapport maakt onderscheidt tussen toepassingen in de natte en in de droge omgeving. Ook wordt een overzicht gegeven van innovatieve methodieken. In de scan wordt geconcludeerd dat er de laatste jaren weinig nieuwe methoden zijn ontwikkeld om baggerspecie toe te passen. Nieuwe technieken zijn hieronder weergegeven.

- Ophogen om de oxidatie van veen, en daarmee bodemdaling, te remmen.
- Salimatten
- Toemaak
- Baleen rds technologie
- Rijping middels temperatuurverhoging
- Rijping middels toevoegen van kalk
- Koude immobilisatie/stabilisatie
- Onderhogen met bagger
- Riet/rijsmatten als fundering
- Versterkte baggerspecie

In Bijlage B worden deze methoden tot in detail toegelicht.

3.3 Wettelijke kaders baggeren en hergebruik[7]

De wettelijke kaders voor het ontgraven, transporteren, opslaan, vermengen, reinigen en toepassen van grond en bagger zijn vastgelegd in de Wet bodembescherming, de Waterwet, de Wet milieubeheer en het Besluit en Regeling bodemkwaliteit (Bbk en Rbk). Daarnaast spelen ook lokale regels op grond van verordeningen en bestemmingsplannen een rol. Voor het toepassen van grond en baggerspecie bieden het Besluit en Regeling bodemkwaliteit sinds 2008 een duidelijk kader. Zie Bijlage A voor meer details. Met enige regelmaat worden in de regeling bodemkwaliteit verbeteringen doorgevoerd.

Wat uiteindelijk telt is de kwaliteit van de grond of bagger zoals die wordt toegepast. De kwaliteit van het toegepaste materiaal moet overeenstemmen met de lokale functie en de lokaal aanwezige bodemkwaliteit. Dit heeft betrekking op zowel de mens (het voorgenomen gebruik mag geen onaanvaardbare risico's voor de gezondheid opleveren) als milieu (de ecologische functie moet voldoende zijn gewaarborgd).

Op het gebied van regionale waterbodem is de Unie van Waterschappen het aanspreekpunt in Nederland voor andere partijen. De Unie van Waterschappen zorgt voor een gedragen bijdrage vanuit de waterschappen bij de relevante punten die nog spelen. Knelpunten voor de uitvoering worden zo snel mogelijk geagendeerd bij het Rijk en met de waterschappen wordt proactief aan oplossingen gewerkt.

3.3.1 Duurzaam hergebruik van baggerspecie[8]

In december 2018 is er een kamerbrief gepubliceerd die door de staatssecretaris van Infrastructuur en Waterstaat is opgesteld. Daarin wordt geschetst hoe er verder invulling zal worden gegeven aan de visie van het ministerie op het hergebruik van grond en bagger en hoe daarin een verbeterslag wordt gerealiseerd, ook in relatie tot circulaire economie.

Het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat zal een belangrijke bijdrage leveren naar een circulaire economie waarbij de grondstoffen en de materialen na de gebruiksfase steeds weer herbruikbaar zijn. Door nuttig toepassen van baggerspecie wordt bespaard op primaire grondstoffen. Toepassingsmogelijkheden van baggerspecie zijn met name in de grond- weg- en waterbouw (GWW) waar de jaarlijkse behoefte aan grondstoffen erg groot is doordat enkele tientallen miljoen ton aan primaire grondstoffen wordt gebruikt. De reguliere winning van primaire bouwgrondstoffen in Nederland bedraagt de afgelopen tien jaar ongeveer 65 à 75 Mton per jaar. Hiervan bestaat 6% uit grove granulaten (vooral grind), 23% uit fijne granulaten (vooral beton- en metselzand), 62% (26,5 Mton) uit ophoogzand en 9% uit overige bouwgrondstoffen (overig industriezand, klei en mergel). Naast de reguliere winning vindt in Noordzee ook nog niet-reguliere winning van ophoogzand plaats. Dit ophoogzand wordt gebruikt voor kust suppletie en voor landaanwinning (zoals de aanleg van de Tweede Maasvlakte). De niet-reguliere winning betreft grote hoeveelheden, die van jaar tot jaar sterk kunnen wisselen.

De geschiktheid van (grondstoffen uit) baggerspecie is afhankelijk van de civieltechnische en milieukundige eigenschappen. Toepassen van (grondstoffen uit) baggerspecie kan met name in de GWW:

- in bouw- en wegconstructies: wegen, spoorwegen en geluidswallen;
- in ophogingen van industrieterreinen en woningbouwlocaties;
- in landbouw- en natuurgronden voor het verbeteren van de bodemgesteldheid;

[7] *Kamerbrief over visie op duurzaam hergebruik van grond (11-12-2018), www.uvw.nl*

[8] *Kamerbrief over diepe plassen, thermisch gereinigde grond en Barneveld (11-12-2018), Rijksbreed programma Circulaire Economie 2016, De bijdrage van ecosysteemdiensten aan de circulaire economie, RHDHV 2017.*

- in waterbouwkundige constructies en het verondiepen van plassen;
- in aanvullingen, zoals de herinrichting en stabilisering van voormalige winplaatsen.

Verschillende toepassingen zijn al lang in gebruik, anderen zijn in ontwikkeling. Het Besluit bodemkwaliteit geeft het beleidskader voor het toepassen van baggerspecie.
Momenteel wordt door het Ministerie onderzocht of de prikkels rondom de verwerkingsroutes van afval/grondstofstromen de goede kant op wijzen om de transitie naar een circulaire economie, met hoogwaardige recycling van grondstoffen, te bevorderen.

3.4 Initiatieven in het buitenland

Hergebruik van bagger is tegenwoordig ook buiten Nederland een belangrijk thema, veelal onder de noemer 'hergebruik van sediment'. Er zijn verschillende (pilot) projecten en initiatieven met een focus op hergebruik van sediment en is in die projecten ook vaak aan duurzaamheid, bouwen met de natuur, circulariteit en klimaat adaptatie verbonden.

Baggerspecie wordt steeds belangrijker voor diverse commerciële activiteiten zoals de baggerindustrie die onder andere vaarwegen onderhouden, maar ook voor de grond-, weg- en waterbouw die bagger gebruikt voor de aanleg van natuurlijke dijken en voorlanden (dus waterveiligheid), kwelders en natuureilanden (dus ecosysteem) en in het compenseren van bodemdaling. Bagger wordt daarmee wereldwijd gezien als een kritische bron voor duurzame ontwikkelingen, zeker in die gebieden waar schaarste is aan andere bouwmaterialen zoals zand. De Central Dredging Association (CEDA) heeft in 2017 een Werkgroep opgericht over nuttig toepassing van bagger. Deze groep bevat Internationale experts op dit vakgebied, met name uit (Noord) Europa (Nederland, België, UK) en Amerika. De CEDA definieert het nuttig toepassen van bagger als: "the use of dredged or natural sediment in applications that are beneficial and in harmony to human and natural development". CEDA zal in de eerste helft van 2019 een Information Paper over de huidige status van nuttig toepassen van sediment publiceren, met focus op technische ervaringen en bouwen met natuur. Tegelijkertijd zal CEDA ook een Position Paper publiceren dat gaat over het omgaan met vervuild sediment.

Sinds 2018 heeft SedNet, een Europees sediment netwerk, een werkgroep geïnitieerd over sediment en circulaire economie. SedNet focust op de ontwikkeling van kennis en beleid, met experts binnen Europa. Ook SedNet zal binnen een jaar of twee een paper over dit thema publiceren.

Sinds januari 2019 heef de Permanent International Commission for Navigation Congresses (PIANC) ook een Werkgroep over nuttig toepassing van sediment gestart met het doel om rond medio 2020 een rapport te publiceren. PIANC is een internationale, non-politieke technische organisatie op het gebied van scheepvaart, havens en vaarwegen. PIANC houdt zich bezig met ontwerp, aanleg en instandhouding van havens en vaarwegen en met baggeren en milieuproblematiek, voor zowel zee- als binnenvaart en recreatievaart. De outreach van PIANC is groter dan CEDA, omvatting experts van Europa, Amerika (inclusief de US Army Corps of Engineers – USACE), Asia (China en Japan) en Australië. PIANC zal vanaf de werk van CEDA beginnen en uitbreiden naar goverance, financiële en communicatie uitdagingen.

In 2018 heeft CEDA in samenwerking met de International Association of Dredging Companies (IADC) een boek gepubliceerd met als titel "Dredging for Sustainable Infrastructure"[9]. In dit boek ligt een sterke focus op duurzaamheid en baggeren.

[9] *CEDA-IADC (2018) "Dredging for Sustainable Infrastructure". www.dredging.org.*

In 2018 heeft United States Army Corps of Engineers een Atlas gepubliceerd met zogenaamde 'Engineering with Nature projecten', waarbij sediment (zand en slib) steeds een kritische bron van grondstoffen blijkt[10].

Circulariteit van bagger is dus een centrale thema waar verschillende zowel Nederlandse als buitenlandse partijen mee aan het werk zijn. Het is dus belangrijk om de verbinding van deze initiatieven in stand te houden, om de uitwisseling van ervaringen te maximaliseren. Zowel NETICS, Deltares en EcoShape – Building with Nature (waarvan Deltares een member is) zijn actief betrokken met alle deze internationale programma's en activiteiten.

3.5 De afzet van bagger[11]

Bij het baggeren van een watergang komt baggerspecie vrij die vervolgens moet worden verwerkt, daar zijn vier opties voor. In het algemeen worden er vanuit de waterschappen binnen de volgende opties een afweging gemaakt:

1. Verspreiden op aangrenzende oevers en percelen.
2. Opslaan in tijdelijke of permanente depots.
3. Storten.
4. Hergebruik.

De keuze wordt vooral bepaald door de mate van verontreiniging en de beschikbare ruimte.

3.5.1 Verspreiden op aangrenzende oevers en percelen

Verspreidbare bagger wordt, als er voldoende ruimte is, langs het water op het aangrenzende perceel verspreid. Verspreidbare bagger kan schone of licht verontreinigde bagger zijn. De natte bagger droogt uit totdat het grond is wat over de oever of het hele perceel als bodemverbetering kan worden verspreid, en zo nodig ondergewerkt, en opnieuw ingezaaid. Bagger op de kant zetten heeft voordelen ten opzichte van het afvoeren van bagger naar een andere locatie. Er hoeft niet met zwaar materieel door een woonwijk te worden gereden. Daarnaast levert het in het algemeen een financieel voordeel op: minder transport betekent ook minder kosten. Daarmee is dit, vanuit de afvoer gedacht, een van de meest voordelige opties om baggerspecie te verwerken. Het tegen lage kosten nuttig hergebruiken van bagger als aanvulgrond levert niet altijd als vanzelf de hoogste opbrengst.

3.5.2 Opslaan in tijdelijke of permanente depots

Het verspreiden van bagger op de aangrenzende oevers is niet altijd mogelijk door bijvoorbeeld een te hoge verontreinigingsgraad, ruimtegebrek of ruimtegebruik doordat bijvoorbeeld een gewas op het perceel het verspreiden (nog) niet toelaat. Omdat voor het afzetten van bagger op de oever relatief veel ruimte nodig is, is het daarnaast vaak alleen mogelijk bij watergangen in het landelijk gebied. Bij het baggeren van watergangen in stedelijk gebied is deze ruimte er vaak niet. Ook is juist in stedelijke gebieden en industrieterreinen de bagger vaker verontreinigd dan in het landelijke gebied. Dit heeft in het algemeen te maken met het landgebruik en bijvoorbeeld lozingen van afvalwater, riooloverstorten en de aanwezigheid van effluent van zuiveringen. Alle bagger, schoon en verontreinigd, moet dan worden afgevoerd en opgeslagen in depots. Als het enigszins lukt laat een waterschap de bagger middels leidingen naar het depot verpompen. In het depot kan de bagger ontwateren. Verspreidbare, schone bagger kan worden opgeslagen in een tijdelijk depot in de buurt van een baggerlocatie. In zo'n tijdelijk depot kan de bagger ontwateren en

[10] *Bridges, T. S., E. M. Bourne, J. K. King, H. K. Kuzmitski, E. B. Moynihan, and B. C. Suedel (2018) "Engineering With Nature: an atlas". ERDC/EL SR-18-8. Vicksburg, MS: U.S. Army Engineer Research and Development Center. http://dx.doi.org/10.21079/11681/27929.*

[11] *bagger anders bekeken, beter benut Deltares 2009, website HHSR, bodembescherming bij baggerdepots UvW 2015.*

wordt het volume verkleind. Het ontwateren gebeurt door verdamping en met behulp van een drainagesysteem. Na dit proces, dat gemiddeld 12 maanden duurt, wordt de schone grond verwerkt of afgevoerd. Vervolgens wordt het depot ontmanteld en het terrein in de oorspronkelijke staat teruggebracht. Voordeel van zo'n depot is dat er een afzetmogelijkheid is voor de bagger (zonder depot kan er vaak niet gebaggerd worden). Bovendien bespaart het waterschap fors op dure transportkosten over de weg.

Verontreinigde bagger moet opgeslagen worden in een zogenaamd doorgangsdepot of meteen worden afgevoerd naar een stortplaats. De opslag voor verontreinigde bagger in een doorgangsdepot moet aan strenge (milieu)eisen voldoen. Zo wordt er onder in het depot een speciale folie aangebracht om het weglekken van verontreinigingen naar het grondwater te voorkomen.

3.5.3 Storten

Verontreinigde bagger waarvoor geen depot voorhanden is wordt aan marktpartijen aangeboden. Hier wordt de bagger in grote (onderwater)baggerdepots gestort of verbrand.

3.5.4 Hergebruik

Baggerspecie kan een waardevolle grondstof zijn en een aanvullende reden zijn om te baggeren. Dit positieve perspectief op bagger bestaat onder meer door de kansen om met bagger als grondstof een bijdrage te leveren aan het klimaatbestendig maken van Nederland en als invulling van circulaire doelstellingen.

Baggerspecie maakt langzaam een comeback als waardevolle grondstof. Het vormde in het verleden binnen het onverstoord deltasysteem immers van nature een waardevolle bouwstof. Het wordt al op kleine schaal opnieuw gebruikt om oevers en kaden op te hogen, als vulmateriaal voor wegen en dijklichamen, als grond voor het ophogen en bouwrijp maken van bedrijventerreinen of de herinrichting van een gebied, maar ook als materiaal om zandwinputten ondieper te maken, waardoor er meer leven mogelijk is.

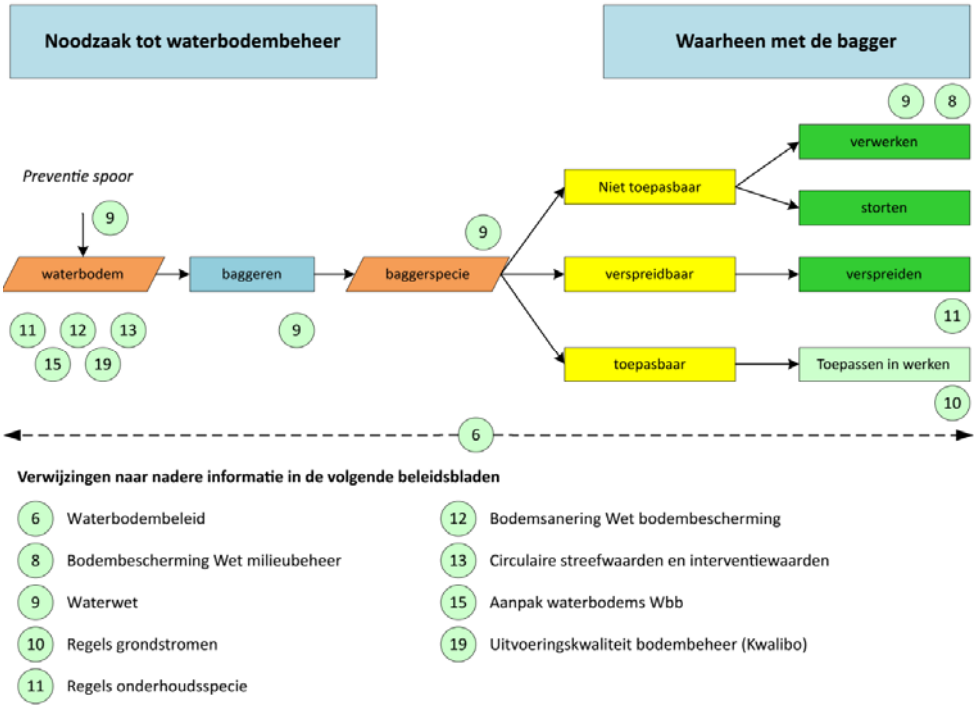
Meestal is het besparen in de afvoerkosten van bagger de driver voor hergebruik. Dit komt naar verwachting doordat in een baggerproject de potentiele afnemers van grondstoffen uit bagger niet worden betrokken. Daarom is het voor het nuttig hergebruik noodzakelijk om in de voorbereiding van baggerprojecten ook de potentiele afnemers aan tafel te hebben. Dit zijn in veel gevallen collega's binnen dezelfde organisatie. Het is noodzakelijk om in de voorbereiding inzicht te hebben in de technische mogelijkheden om bagger op te werken tot de gewenste grondstof, bouwstof of bouwelementen. In de praktijk kost deze opwerking tijd en in veel gevallen meer geld dan de standaard afvoer kost. Zeker in het geval van vrij toepasbare baggerspecie.

3.5.5 Verwerkingsketen

Voor het ontwikkelen van langdurige hoogwaardige verwerkingsroutes voor baggerspecie is de visie binnen het eerder genoemde 'Innovatieprogramma nuttig toepassen slib, ED2050, dat baggerbedrijf, beheerder, verwerker en afnemer met elkaar in gesprek moeten gaan. Rijkswaterstaat en de waterschappen kunnen daarbij een proactieve rol vervullen.

Voor voorliggende rapport is een overzicht gemaakt van de bestaande verwerkingsroutes van baggerspecie. Inzicht in de verwerkingsroute is noodzakelijk om te kunnen beoordelen welke veranderingen noodzakelijk zijn om de circulair inzet van baggerspecie te realiseren.

In het schema in Figuur 3-2, afkomstig van www.bodemrichtlijn.nl geeft de mogelijke routes ofwel sporen weer die de bagger kan doorlopen van waterbodem tot afzet. Per stap is het belangrijkste beleid en regelgeving benoemd. De beleidsbladen op www.bodemrichtlijn.nl geven per onderwerp een korte samenvatting.

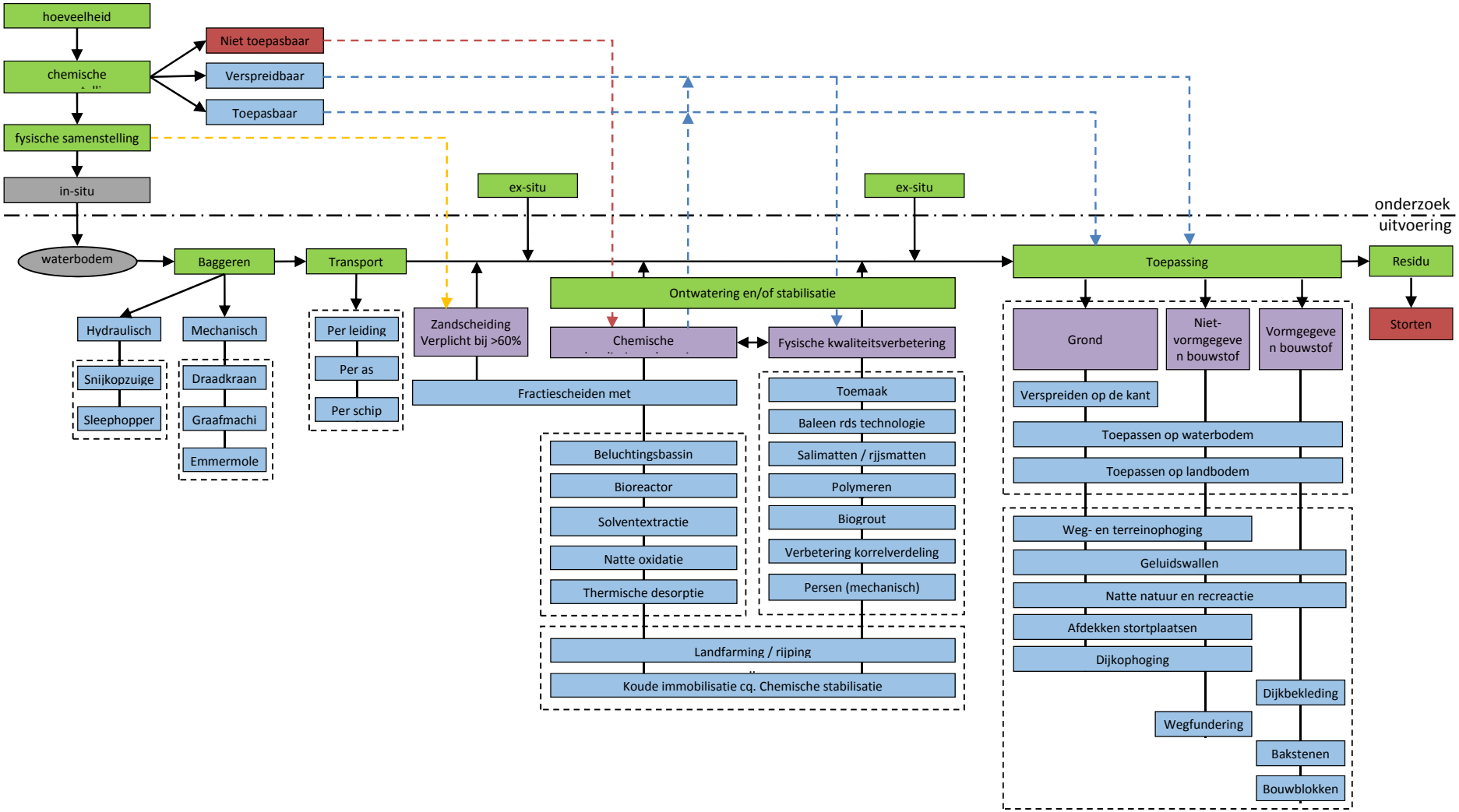


Figuur 3-2 Schema baggerketen gericht op afvoer

In het schema van de baggerketen in Figuur 3-2 wordt de wijze van afzet van de bagger vooral bepaald door de chemische samenstelling van de baggerspecie. Daarbij ligt de focus in het algemeen op de afvoer van de bagger tegen zo laag mogelijke kosten.

Op basis daarvan kan worden beoordeeld of het nodig is om op samenstelling verbeteringen uit te voeren. Zo kunnen verontreinigingen worden verwijderd en fysische samenstelling worden aangepast en daarmee voor de toepassing op maat worden gemaakt. Dit wordt ook wel het opwerken of verbeteren genoemd Uiteraard heeft elke verbetering een kostenimpact op de keten. Het maximale budget wordt bepaald door de waarde van de toepassing. Als bagger na opwerken tot bijvoorbeeld een bouwblok omgerekend voor 50 euro per kubieke meter bagger kan worden ingezet is er in potentie dus een budget van 50 euro per kubieke meter bagger beschikbaar om de bagger tot een dergelijk product om te zetten. Dit budget is in de praktijk vaak nog hoger doordat ook een besparing optreedt doordat de bagger niet afgevoerd hoeft te worden. Zeker bij verontreinigde bagger kan dit aanzienlijk oplopen De ervaring leert dat op deze manier in theorie succesvolle businesscases te bedenken zijn, ook met schone bagger.

De baggerketen met een focus op hergebruik is conceptueel gevisualiseerd in het schema in Figuur 3-3. Dit schema is tevens een gevisualiseerde samenvatting van de verwerkingstechnieken en toepassingsmogelijkheden die middels de literatuurstudie zijn geïnventariseerd.



Figuur 3-3 Schema baggerketen gericht op hergebruik

De hergebruikketen is onderverdeeld in een onderzoeksdeel (bovenste deel) en een uitvoeringsdeel (onder). Beide zijn onlosmakelijk met elkaar verbonden. Zo is het van groot belang dat in de onderzoeksfase van meteen tot in detail de fysische kwaliteit van de bagger in kaart wordt gebracht. In de praktijk wordt in de afvoerketen regelmatig alleen de chemische samenstelling van de bagger onderzocht. Dit komt omdat de fysische samenstelling van de bagger in de traditionele afvoerketen niet van grote invloed is op de stappen of de kosten in de keten. In de afvoer keten betekent dit in het algemeen dat vervuilde bagger naar een depot moet tegen hoge stortkosten en de toepasbare bagger direct op de kant wordt verwerkt. De chemische verbeteringsstappen zijn erop gericht om verontreinigingen uit niet toepasbare baggerspecie te halen of juist erin vast te leggen. Details hierover zijn vooral in de POSW onderzoeken in kaart gebracht die in het volgende hoofdstuk zijn samengevat. De fysische verbetering zal later in dit rapport verder worden opgedeeld in vier categorieën: mechanisch, fysisch, chemisch en biologisch. Hiermee kan de baggerspecie worden opgewerkt naar grond, een bouwstof en/of een vormgegeven bouwstof die voldoen aan de randvoorwaarden en eisen van de toepassingen. De termen baggerspecie, grond, niet-vormgegeven bouwstof en vormgegeven bouwstof corresponderen met de definities in het Besluit bodemkwaliteit. Zie bijlage A voor meer achtergrondinformatie.

3.6 Discussie

Uit de programma's en bijbehorende literatuur blijkt dat er in de afgelopen 40 jaar behoorlijk wat verwerkingstechnieken zijn onderzocht en diverse toepassingsmogelijkheden in kaart zijn gebracht. In eerste instantie was het gericht op het verwerken van verontreinigde baggerspecie maar later ook op de verwerking van schone bagger. Veel verwerkingstechnieken en toepassingen zijn niet geschikt voor grote hoeveelheden. Daarom is destijds het beleidstandpunt gekozen dat storten de meest geschikte manier is voor verontreinigde bagger, soms aangevuld met zandscheiding en landfarming. Dit is in lijn met het feit dat de meeste onderzoeken gefinancierd zijn door Rijkswaterstaat die in het algemeen grootschalige baggerwerken laat uitvoeren.

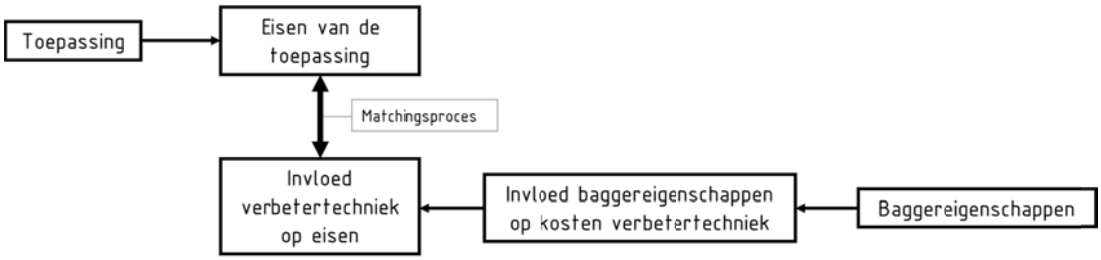
Een aantal van de door het POSW onderzochte verwerkingstechnieken zijn tegenwoordig in de markt commercieel beschikbaar. Toch zijn destijds veel producten en technieken in de ijskast gezet vanwege een grote CO2 footprint, doordat ze erg kostbaar waren en dat in veel gevallen de restverontreinigingen alsnog uitloogden. Vanaf de eeuwwisseling zijn ervoor zover bekend geen nieuwe verwerkingstechnieken in Nederland onderzocht. Wel is sindsdien veel informatie verzameld over het toepassen van bagger als bouwstof of bouwelement. Op projectniveau zijn zo diverse successen geboekt waarbij door de het nuttig hergebruik van baggerspecie is bespaard op transport en stortkosten alsook op de aanschaf van primaire grondstoffen die anders nodig waren geweest om de constructie te bouwen. Een van de meest succesvolle toepassingen wereldwijd is daarin de inzet van geotextiele tubes.

De succesvolle voorbeelden van hergebruik van bagger zijn tot heden vooral tot stand gekomen vanwege de behoefte aan kostenbesparingen op projectniveau. Anno 2019 zijn er echter nieuwe drijfveren die in de toekomst mee zullen wegen in de keuze of hergebruik van baggerspecie rendabel is. Eén daarvan is uiteraard het streven naar een circulaire economie volgens de drie sleutelfactoren: maximaliseren van de waarde van bagger, zoveel mogelijk hergebruik van grondstoffen binnen bestaande kringlopen en als derde het minimaliseren van afval. Doordat ten gevolge van deze nieuwe drijfveer ook nieuwe businessmodellen ontstaan aan kunnen de verwerkingstechnieken, die in het verleden vanwege het korte termijn denken te duur bleken, nu wel van toepassing zijn. Dit is een kans die onderzocht dient te worden.

Dit geldt ook voor verwerkingstechnieken en toepassingen die niet aansloten bij de wens om bagger bij voorkeur grootschalig te verwerking kunnen vanwege het feit dat ook de waterschappen zich willen inzetten voor een circulaire economie. Bij de waterschappen gaat

het vaak om veel kleine projecten die gemakkelijk te koppelen zijn aan potentiële toepassingen in bijvoorbeeld nieuwe gebiedsontwikkelingen. In deze gebiedsontwikkelingen kunnen bijvoorbeeld wegen worden opgehoogd, geluidsschermen worden aangelegd, maar ook keermuren worden gebouwd van bagger. Wat echter van belang is om ruim vooraf het jaarlijks bekende aanbod aan baggerspecie te koppelen aan de potentiële vraag vanuit toekomstige projecten. Om dit te bereiken is er samenwerking nodig tussen partijen op Regionaal niveau waaronder de waterschappen. Projectoverstijgende samenwerking is een voorwaarde voor het circulair kunnen omgaan met bagger.

Uit de verwerkingsketens blijkt dat bagger voordat deze nuttig kan worden toegepast eerst opgewerkt ofwel verbetert dient te worden waardoor een grond of een vormgegeven of een niet-vormgegeven bouwstof ontstaat. De verbetertechniek wordt gekozen op basis van de toepassingseisen en de chemische en fysische kwaliteit van de bagger. Deze aanpak correspondeert met de visie en aanpak van NETICS om vanuit de toepassing ook terug te kijken hoeveel budget er beschikbaar is om de bagger op te werken tot het eindproduct. Hier is ook het milieurendement aan te koppelen als het om verontreinigde bagger gaat. Het milieurendement wordt vervolgens onderdeel van het matchingsproces, maar dit zijn vaak ook andere maatschappelijke kosten en baten (MKBA).



Uit ervaring blijkt dat er een correlatie is tussen de kosten om een bepaalde grondstof bouwstof of bouwelement te maken en de benodigde sterkteontwikkeling. De sterkteontwikkeling bepaald de range aan toepassingsmogelijkheden. In het algemeen geldt hoe hoger de sterkte des te hoogwaardiger de toepassing en hoe meer een afnemer bereid is om ervoor te betalen.

De diverse wettelijke kaders die er zijn, zijn nog niet aangepast naar het streven om zoveel als mogelijk circulair om te gaan met grondstromen waaronder baggerspecie. Bijvoorbeeld fysisch stabiliseren door grondstromen te mengen en daarmee een beter toepasbaar product te krijgen is lastig op basis van de huidige wetgeving omdat men wil voorkomen dat verontreinigde grond met schone grond naar matig verontreinigde grond wordt ‘verdund’. Het verdiend daarom een aanbeveling om te onderzoeken in hoeverre de wettelijke kaders omtrent het baggeren en toepassen het circulair gebruik ervan stimuleren of juist in de weg staan.

Het streven van de Nederlandse overheid om grond en bagger vanwege circulaire economie duurzaam her te gebruiken is een steun in de rug en stimuleert om per project naar de hergebruik mogelijkheden te kijken.

Het kennisoverzicht is opgesteld op basis van een quick scan van verwerkingstechnieken vanuit de genoemde programma’s en wetgeving. Het wordt aanbevolen om breder te kijken dan de grond- en baggerketens en de literatuur die daarover te vinden is. Zoals over nature-based oplossingen en internationale initiatieven.

4 Inventarisatie van de hoeveelheden en kwaliteiten slib

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de hoeveelheden en kwaliteit (i.e. toepasbaar en niet-toepasbaar) van bagger binnen de waterschappen samen met een overzicht van de meest gebruikte methoden. Omdat zowel de data over de volumes alsook de kwaliteit niet gemakkelijk zijn te vinden, is een algemeen overzicht gegeven van het waterbeheer in Nederland, om de daarmee onbekende lezer te helpen met de complexiteit van Nederlandse waterwereld. Tevens geeft dit inzicht welke partij voor welke data verantwoordelijk is.

4.1 Waterbeheer in Nederland[12]

In de Waterwet worden de verantwoordelijkheden van de verschillende overheden beschreven die betrokken zijn bij het waterbeheer. Het waterbeheer in Nederland is een gezamenlijke verantwoordelijkheid van Rijk, provincies, gemeenten en waterschappen. De verdeling van verantwoordelijkheden is afgesproken in het Bestuursakkoord Water (2011). Een waterbeheerder heeft als taak overstromingen te voorkomen. Daarnaast zorgt een waterbeheerder voor voldoende grond- en oppervlaktewater en een goede waterkwaliteit.

De Rijksoverheid is verantwoordelijk voor het nationale beleid en landelijke maatregelen. Daarnaast is het Rijk verantwoordelijk voor de normen voor waterveiligheid van de primaire waterkeringen. Dit zijn dijken en duinen die het land beschermen tegen water uit zee en de grote rivieren.

De provincies zijn verantwoordelijk voor de vertaling van het nationale waterbeleid naar regionale maatregelen. Voor een deel van het waterbeheer heeft de provincie operationele taken. Bijvoorbeeld bij de verwijdering van grondwater uit de bodem. Het beheer van de grondwaterkwaliteit ligt volgens de Wet Bodembescherming ook bij de provincie.

De waterschappen dienen beheerplannen op te stellen voor de waterkwaliteit van de wateren in hun beheersgebied. Waterschappen zijn specifiek verantwoordelijk voor de regionale wateren, zoals kanalen, poldervaarten en sloten. Ook zorgen ze voor zuivering van afvalwater. Ook is het waterschap verantwoordelijk voor de regionale waterkeringen. Deze beschermen het land bijvoorbeeld tegen water uit kanalen.

Gemeenten zijn verantwoordelijk voor het grondwater in stedelijk gebied. Ook zorgt de gemeente voor de afvoer van afvalwater en overtollig regenwater. Dit is vastgelegd in de Waterwet en in de Wet milieubeheer.

4.2 Waterschappen en de noodzaak van baggeren[13]

Op de bodem van iedere sloot of waterpartij verzamelt zich in de loop der tijd een laag: bagger. Bagger in rivieren komt als zand en zwevend stof mee met water uit bovenstrooms gebied. Bagger in meren, kanalen en regionale watergangen is een mengsel van afgestorven planten, zwerfvuil, atmosferische depositie, run-off van het land en erosie van oevers. Deze laag wordt steeds dikker met als gevolg dat de watergang ondieper wordt. Het ondieper worden van een watergang door bagger heeft een aantal negatieve effecten op waterkwaliteit en waterkwantiteit die leiden tot het regelmatig uitvoeren van baggerwerkzaamheden:

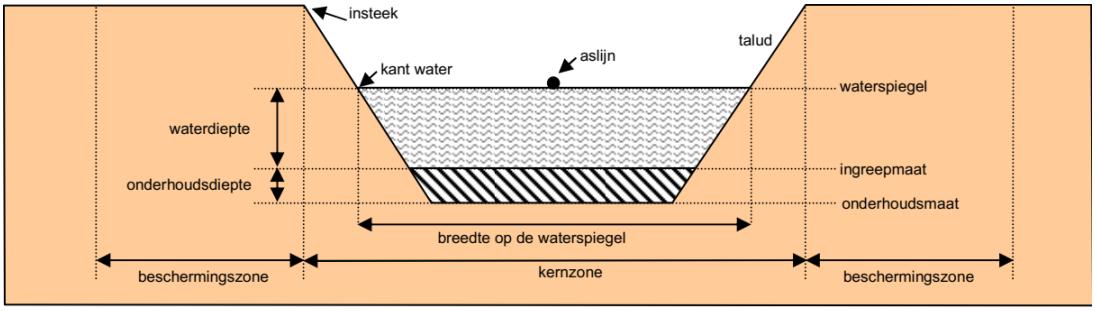
[12] *rijksoverheid.nl en Nationaal Waterplan 2016-2021*

[13] *Unie van Waterschappen, Uitgangspuntennota legger oppervlaktewater 2012 HHSR en bodemrichtlijn.nl*

- Sloten en andere watergangen voeren water aan in droge perioden. En andersom, bij hevige regenval voert de sloot het overtollige water af. De doorstroming van water wordt belemmerd door bagger. Een ondiepe watergang kan minder water afvoeren, wat tot overstromingen kan leiden.
- Sommige watergangen hebben een functie als scheepvaartroute of als haven. Voor de scheepvaart is een minimale diepte vereist. Het kan voorkomen dat de waterbodem deels dient te worden verwijderd voor de aanleg of wijziging van een waterstaatswerk.
- Ook het watermilieu in de sloot heeft baat bij baggeren. In een ondiepe sloot kan een kleine laag water bij warm weer slechts een beperkte hoeveelheid zuurstof opnemen. Vissterfte en stank kunnen het gevolg zijn. Maar ook bij vorst kan een ondiepe sloot voor problemen zorgen. Als het water bevriest is het belangrijk dat er onder de ijslaag nog een bepaalde hoeveelheid water aanwezig is voor de vissen om te overwinteren.
- Een waterbodem met slib komt in veel gevallen door stromingen en golven in beweging waardoor troebel water ontstaat met weinig doorzicht en daardoor matige plantengroei.
- Als slib op de waterbodem bovendien verontreinigd is, blijf de waterbodem een permanente bron van verontreiniging van het water erboven.

Niet alle watergangen zijn even belangrijk voor het goed functioneren van ons hoofdwatersysteem. Daarom worden watergangen in het algemeen onderverdeeld in primaire, secundaire en tertiaire watergangen. Primaire watergangen worden geheel onderhouden door het waterschap. Secundaire watergangen worden gebaggerd door het waterschap, voor het schonen (maaien en verwijderen planten) zijn derden onderhoudsplichtig. In tertiaire watergangen zijn veelal derden onderhoudsplichtig voor zowel het schonen als het baggeren. 'Derden' zijn eigenaren van aangrenzende percelen. Dit kunnen particulieren zijn, zoals agrariërs, maar ook gemeenten, stichtingen of andere organisaties. Eigenaren van aanliggende percelen zijn verplicht om bagger uit watergangen in ontvangst te nemen (op de kant te laten zetten). Ook als zij niet onderhoudsplichtig zijn. In zogenoemde 'verdachte gebieden' (stedelijk water, langs grotere verkeersaders, langs spoorwegen, in de buurt van riooloverstorten, in -voormalige- fruitteeltgebieden) is de kans op de aanwezigheid van verontreiniging groter. Daar moet eerst gecontroleerd worden of de bagger op de kant gezet mag worden.

Legger en keur vormen als twee-eenheid samen met de algemene regels keur en beleidsregels op grond van keur de juridische basis voor ligging, afmeting, vorm, constructie en het beheer, inclusief toezicht en handhaving, en onderhoud van het systeem. De keur geeft de gebods- en verbodsbepalingen voor alle onderdelen van onder meer het watersysteem. De legger geeft de begrenzing aan waarop deze bepalingen van toepassing zijn. De legger met betrekking tot het watersysteem geeft daarmee informatie over waar het watersysteem geografisch ligt, waar het watersysteem qua vorm, afmeting en constructie minimaal aan moeten voldoen en welke onderhoudsverplichtingen gelden en aan wie de onderhoudsplicht is toegedeeld. Bij het ene waterschap geeft de legger meer detailinformatie dan bij de andere. In Figuur 4-1 is een dwarsprofiel van een oppervlaktewater weergegeven, waarin een aantal belangrijke begrippen uit de legger zijn gevisualiseerd.



Figuur 4-1 Principeprofiel definities legger

De onderstaande begrippen hebben direct betrekking op het baggeren:

- Ingreepmaat: de op de leggerkaart vermelde waterdiepte geeft in combinatie met de waterspiegel de ingreepmaat. Hoger dan de ingreepmaat mag de waterbodem niet komen. In de praktijk zal dieper gebaggerd worden om te voorkomen dat de ingreepmaat snel weer wordt overschreden.
- Onderhoudsmaat: de hoogte tot waar maximaal gebaggerd mag worden. Dieper baggeren mag niet, tenzij dat op basis van een keurvergunning of projectplan op grond van artikel 5.4 van de Waterwet is toegestaan.

De beleidsmatige context voor het uitvoeren van baggerwerkzaamheden is vastgelegd in de Waterwet. Hierin vormt de waterkwaliteit het uitgangspunt. Het treffen van maatregelen, puur om kwaliteitsredenen, gebeurt nu in het kader van de zesjarige plancycli van de waterbeheerplannen van het Rijk en de waterschappen. Afwegingen voor het treffen van maatregelen hebben zich dan ook verlegd naar integrale planprocessen, waarin de waterbodem een rol kan spelen, naar planprocessen voor ruimtelijke ontwikkelingen, natuurbeheerplannen (Natura 2000-gebieden) en gemeentelijke waterplannen. Hiervoor is een (niet dwingend voorgeschreven) technisch instrument ontwikkeld: de Handreiking beoordelen waterbodems.

Bij het baggeren kunnen verontreinigende stoffen uit de waterbodem in het water terecht komen. De waterschappen zoeken daarom voortdurend naar milieuvriendelijke technieken om te baggeren. Ook onderzoeken de waterschappen de waterbodem om een goede waterkwaliteit te kunnen waarborgen.

4.3 Baggerhoeveelheden bij de Waterschappen[14]

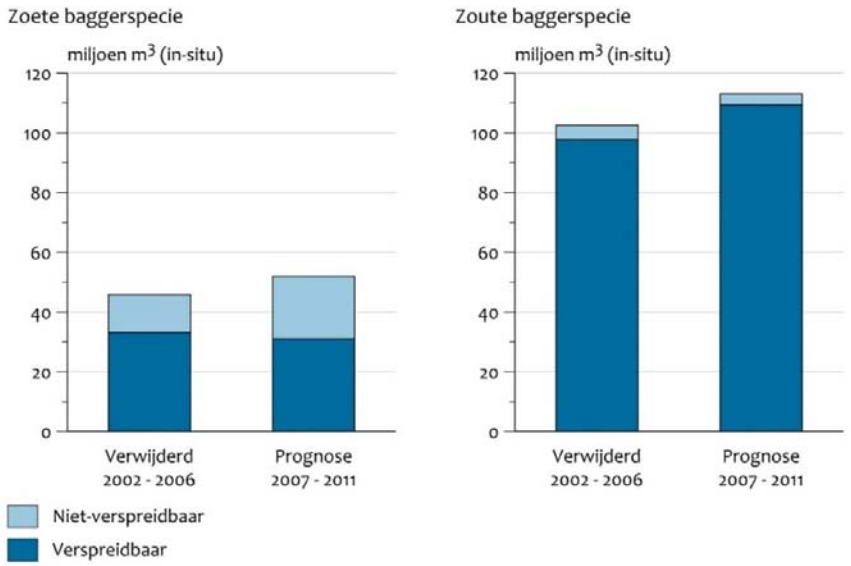
In de eerste fase van Tienjarenscenario Waterbodems (TJS) is bij alle waterbeheerders geïnventariseerd hoe groot het baggeraanbod in hun beheersgebied de komende tien jaar is, met een doorkijk naar de daarop volgende 5 jaar. Dit baggeraanbod bestond uit achterstallig en regulier onderhoud van waterwegen ten behoeve van scheepvaart en waterhuishouding, uit sanering van verontreinigde waterbodemlocaties ten behoeve van het milieu en uit baggerwerken ten behoeve van natuurontwikkeling/recreatie en van nieuwe (infrastructurele) werken. Deze informatie is samengebracht in het Basisdocument Tienjarenscenario Waterbodems ‘Bagger in Beeld’. Met behulp van een aantal scenario’s is in dit Basisdocument ook weergegeven op welke manier de baggerproblematiek kan worden aangepakt en wat hiervan de kosten zijn. Vanuit het Bestuurlijk Overleg TJS is vervolgens aangetoond dat met het toenmalige baggertempo er jaarlijks meer sediment bijkomt dan dat er jaarlijks wordt gebaggerd en dat inmiddels een grote groeiende achterstand is ontstaan. Het opgestelde Bestuurlijk Advies Tienjarenscenario Waterbodems heeft er vervolgens toe

[14] *2015 bedrijfsvergelijking baggeren, 2008 herijking landelijke waterbodemopgave, 2018 Visie op bedrijfsvergelijkingen*

geleid dat er extra middelen vanuit de rijksoverheid zijn vrijgemaakt om de achterstand over een periode van 40 jaar weg te werken en om oplossingen te zoeken voor het bestemmen van de bagger.

Om te monitoren of de baggerachterstand inderdaad wordt ingelopen, wordt sinds 2003 jaarlijks een enquête gehouden onder de waterbeheerders. De naam van deze enquête is de Programmering en Monitoring Tienjarenscenario (PMT), in 2006 omgedoopt tot Landelijke Waterbodemopgave (LWO). Hierin wordt niet alleen gevraagd naar de gebaggerde hoeveelheden (kwaliteit, hoeveelheid, onderhoud versus sanering), maar ook naar de kwaliteitsontwikkeling van baggerspecie en de bestemming van baggerspecie.

De uitgevoerde baggerwerken zijn door middel van de enquêtes tot 2006 jaarlijks geïnventariseerd. Hieruit blijkt dat bij baggerwerken in de periode 2002-2006 per jaar gemiddeld 9 miljoen in-situ m^3 zoete specie en 20,5 miljoen m^3 zoute specie is vrijgekomen. Deze gebaggerde hoeveelheden komen overeen met de hoeveelheden uit voorgaande jaren (1998-2001), te weten 28 miljoen m^3 per jaar (7,5 miljoen m^3 zoet en 20,5 miljoen m^3 zout).



Figuur 4-2 Voortgang en prognose baggerwerk 2002 – 2011 (AKWA, 2008)

Bij de zoute baggerspecie wordt circa 60% door Rijkswaterstaat gebaggerd en circa 40% door gemeenten (en overigen). Bij zoute baggerspecie is slechts circa 4% verontreinigd. Vrijwel alles wordt gebaggerd vanwege onderhoud en voor 92% verspreid in zee. Van de rest (8% van het totaal) wordt 60% in een definitief depot gestort, en de bruikbare fracties worden direct toegepast of verwerkt.

Bij de zoete baggerspecie wordt circa 50% door Rijkswaterstaat gebaggerd, circa 40% door de waterschappen en circa 10% door de provincies, gemeenten en overigen. De aanleiding voor het baggeren was voor 85% van de hoeveelheid specie het vrijhouden van waterlopen (waterhuishoudkundig) en scheepvaartverbindingen (nautisch). In de praktijk worden er weinig problemen of knelpunten meer gekoppeld aan een baggerachterstand. Ongeveer 30% van de zoete baggerspecie is verontreinigd (klasse 3-4). Van de zoete baggerspecie komt 24% van het totaal in een definitief depot terecht en 10% in een tijdelijke opslag, 35% wordt verspreid, grotendeels op land. De rest (31%), voornamelijk bestaand uit de zandfracties, wordt direct toegepast, verwerkt of gaat naar de zandmarkt.

Volgens de bijgestelde prognose uit 2007 (AKWA, 2008) moest in de periode 2007-2011 circa 165 miljoen insitu m^3 baggerspecie verwijderd worden (waarvan circa een derde zoete specie). Circa 25 miljoen m^3 is naar verwachting niet verspreidbaar. Het is onbekend in hoeverre na 2007 aan deze prognose is voldaan. Er is geen documentatie bekent aan de auteurs beschikbaar tot aan het moment dat de zogenaamde Waterschapsspiegel is verschenen waarbij zogenaamde bedrijfsvergelijkingen worden gedaan. Deze vergelijkingen worden sinds 2011 opgesteld. Daarbij wordt ook in de vorm van een enquête data verzameld, geanalyseerd en ontsloten ten behoeve van de waterschappen, de Unie van Waterschappen en de samenleving.

De Waterschapsspiegel is de overkoepelende bedrijfsvergelijking van de Nederlandse waterschappen. Naast Waterschapsspiegel vergelijken de waterschappen ook op specifieke onderwerpen periodiek hun beleidseffecten, prestaties, kosten en tarieven met elkaar. Jaarlijks leveren alle waterschappen gegevens aan over hun prestaties en kosten. Rapportage vindt eens in de 2 jaar plaats. De publicatie Waterschapspeil geeft een breed beeld van de trends en ontwikkelingen in de sector. Waterschapspiegel geeft inzicht in de resultaten van verschillende waterschappen. Centraal staan de kerntaken van de waterschappen, hoe zij die op een maatschappelijk verantwoorde manier uitvoeren, en welke kosten dat met zich meebrengt. Een van de kerntaken is baggeren.

De gegevens uit de Waterschapsspiegel zijn als open data beschikbaar in een speciaal daarvoor ontwikkelde omgeving, Waves. De rapportages en ruwe data worden online beschikbaar gesteld via de publiekssite waterschapsspiegel.nl.

Uit de bedrijfsvergelijking baggeren 2015 volgt dat de waterschappen ruim 225.000 kilometer aan sloten, kanalen en beken beheren. De bedrijfsvergelijking baggeren heeft betrekking op het onderhoudsbaggeren van watergangen dat onder verantwoording van de waterschappen wordt uitgevoerd in het baggerseizoen 2014/2015. Er is een vragenlijst opgesteld die in het voorjaar van 2015 is uitgezet bij de waterschappen.

De bedrijfsvergelijking begint over de achterstand in het baggeren. In lijn met de conclusies uit bovengenoemde herijking landelijke waterbodemopgave wordt ook hier gesteld dat met name door de theoretische benadering bestaan er baggerachterstanden bestaan. Maar dat de waterschappen dit niet vaak als een probleem beschouwen, omdat een watergang voldoet qua functie. Voor sommige waterschappen is het functionele aspect leidend (kan een watergang haar functie vervullen?), terwijl andere waterschappen de vraag puur vanuit wettelijk oogpunt interpreteren en de leggerprofielen als norm hanteren. En wanneer ecologische doelen prioriteit hebben, gelden weer andere criteria.

De twijfels rondom de leggermaat als juridisch instrument nemen toe. Waterschappen pleiten voor een systeembenadering, waarin kwantitatieve en kwalitatieve aspecten beter op elkaar zijn afgestemd. Oftewel een integrale legger met een risico-gestuurd component. Dit sluit aan bij de ontwikkelingen in de praktijk: de geleidelijke verschuiving naar risicogericht baggeren. Ook wordt aangegeven dat de definitie van ‘wanneer is het baggeren op orde’ en aangeven welke prestatie indicatoren hierbij horen scherper moet.

Het is niet meer per definitie zo dat de legger bij elk waterschap het ingrijpmoment bepaalt. Bovendien wordt de leggermaat niet door alle waterschappen op dezelfde manier geïnterpreteerd. Sommige waterschappen beschouwen de leggermaat als bovengrens, andere hanteren een beheermarge van 30 cm. Er zijn ook waterschappen die andere uitgangspunten voor het baggerprogramma hanteren. Genoemd zijn: een vaste cyclus van

zeven, tien of vijftien jaar, de verhouding tussen waterkolom en de laag bagger, financieel gestuurd, en risico-gestuurd baggeren. Enkele waterschappen geven aan dat de legger theoretisch vertrekpunt is. Andere waterschappen vergelijken de legger met “een knellend keurslijf dat niet strookt met de praktijk”. Feit is dat ieder waterschap anders met de legger omgaat en maatwerk toepast op basis van eigen ervaringen en afwegingen. Soms wordt besloten om niet te baggeren terwijl dat planning technisch wel was voorzien, omdat na toetsing op functies blijkt dat een waterloop nog uitstekend voldoet. Ook ruimtelijke ontwikkelingen of kostenoverwegingen kunnen een rol spelen.

Er wordt weinig onderscheid gemaakt in baggercyclus op basis van de grondsoort. Wel zijn er duidelijke verschillen tussen landelijk en stedelijk gebied; in stedelijk gebied is de gemiddelde cyclus langer. Hiervoor zijn verschillende oorzaken aan te wijzen. Het systeem in stedelijk gebied is vaak overgedimensioneerd, waardoor de druk om te baggeren hier lager is. Ook de gemeentelijke financiering in stedelijk gebied speelt mee, net zoals de depotmogelijkheden. Een ander punt is efficiency. In landelijk gebied is het makkelijker om regelmatig een hoeveelheid bagger op het land te zetten, terwijl het in stedelijk gebied juist efficiënter is om meer te baggeren in langere cycli. Er zijn waterschappen die de baggerwerkzaamheden op basis van een baggerplan bij de gemeente onderbrengen en hiervoor een vergoeding betalen. Dit is gunstig vanwege het btw-effect. Alles baggeren volgens de vaste baggercyclus behoort volgens diverse waterschappen tot het verleden. Risico gestuurd baggeren zou kosten kunnen besparen. Dit biedt dus kansen voor kansgestuurd baggeren.

Als het gaat om de kosten per kilometer waterloop (in onderhoud), zien we grote verschillen tussen de waterschappen. Deze verschillen zijn grotendeels terug te voeren op het onderscheid tussen landelijk en stedelijk gebied. Baggeren in stedelijk gebied is aanmerkelijk duurder dan baggeren in landelijk gebied. Ook de breedte van de waterlopen speelt een rol, wordt meermaals vastgesteld.

Een interessante vergelijking is gedaan op het gebied van bemonstering. Bij sommige waterschappen verschillen de kosten per bemonsterde km sterk van de kosten per uitgevoerde km. Dit kan veroorzaakt worden door het feit dat er veel kilometers onderzocht zijn, maar de daadwerkelijke baggerwerkzaamheden niet zijn uitgevoerd. Een andere oorzaak is dat niet alle waterschappen kiezen voor hetzelfde ‘pakket’: het aantal stoffen waarop wordt bemonsterd bepaalt mede de kosten van het bemonsteren. Verschillen tussen de waterschappen onderling kunnen ook nog andere oorzaken hebben. Een ervan is dat niet altijd duidelijk is wat wel en niet onder kosten valt.

Vanuit Waves is in het kader van dit onderzoek een uitdraai gemaakt van de baggeropgave per waterschap in 2014. Vanwege het gebrek aan eenduidigheid in kernindicatoren zijn de hoeveelheden verschillend opgebouwd.

Tabel 4-1 Bedrijfsvergelijking gebaggerde hoeveelheden per waterschap in 2014

	Totale lengte gebaggerd [Kilometer]	Totale kosten [euro]	M3 bagger verspreidbaar [m3]	M3 bagger niet verspreidbaar [m3]	Totale kosten per km uitgevoerd werk [euro]
Aa en Maas	113	527.750	-	-	4.670
Amstel, Gooi en Vecht	147	7.846.050	222.200	27.800	53.374
Brabantse Delta	120	2.193.273	-	-	18.277
De Dommel	0	360.000	0	0	-
De Stichtse Rijnlanden	81	3.400.000	200.000	27.000	41.975
Delfland	88	40.000	91.214	24.620	455
Drents Overijsselse Delta	270	1.306.824	137.558	450	11.660
Fryslân	340	1.652.817	-	-	4.861
Hollands Noorderkwartier	652	7.901.500	1.205.000	27.000	12.119
Hollandse Delta	483	-	-	-	-
Hunze en Aa's	165	800.000	-	-	4.848
Limburg	10	9.740	-	-	974
Noorderzijlvest	70	800.000	-	-	11.429
Rijn en IJssel	30	167.000	-	-	5.567
Rijnland	141	-	268.600	42.723	-
Rivierenland	224	6.760.050	421.720	10.550	30.179
Scheldestromen	990	1.363.566	337.459	907	1.377
Schieland en de Krimpenerwaard	167	5.641.951	289.600	72.400	33.784
Vallei en Veluwe	13	422.084	7.912	11.851	32.468
Vechtstromen	45	1.178.000	10.300	10.300	26.178
Zuiderzeeland	77	728.500	218.450	-	9.461

Uit het onderzoek blijkt dat over 2014 diverse waterschappen geen gegevens per kuub hebben verstrekt. Helaas is de bedrijfsvergelijking baggeren niet compleet vanwege het uitblijven van data van een aantal waterschappen. Van de partijen die dit wel hebben gedaan en in bovenstaande overzicht zijn opgenomen is te zien dat 93% van de gebaggerde baggerspecie verspreidbaar was en 7% van de bagger niet verspreidbaar. Een van de grootste waterschappen ontbreekt in bovenstaande overzicht, Waterschap Hollandse Delta.

Vanuit andere bronnen is in het kader van voorliggende rapport geprobeerd om dit overzicht completer te maken. Voor het Waterschap Hollandse Delta is het beheerplan Baggerwerken 2014-2028 achterhaald. Daarin zijn de hoeveelheden baggerspecie die jaarlijks vrijkomen over een periode van 2014 tot en met 2028 in opgenomen. In 15 jaar wordt via het reguliere onderhoudsprogramma ca. 9.432 km watergangen gebaggerd, waarbij ca. 11 mln m3 baggerspecie vrijkomt. Op basis van deze gegevens kan worden gesteld dat per meter watergang ongeveer 1,16 m³ baggerspecie vrijkomt gedurende reguliere baggerwerkzaamheden. Jaarlijks wordt een kleine 800.000 m3 bagger verwijderd. Bij het WSHD wordt gesteld dat circa 92% van de baggerspecie, op basis van de kwaliteit conform het Besluit bodemkwaliteit, binnen het beheergebied van WSHD kan worden verspreid op het aangrenzend perceel. Uit het jaarverslag van 2014 blijkt dat dit jaar voor WSHD met betrekking tot baggeren geen standaard jaar was. Het is niet gelukt om conform Beheerplan Baggerwerken 2014-2028 te werken onder meer veroorzaakt door een faillissement van een aannemer, een ingediend bezwaar op het voornemen tot gunning en door personele problemen. Dit heeft ertoe geleid dat in 2014 meer dan 200.000 m3 minder is gebaggerd dan was begroot.

Tabel 4-2 Aangevuld overzicht gebaggerde hoeveelheden per waterschap 2014

(2014)

Nr.		Totale lengte gebaggerd [Kilometer]	Totale kosten [euro]	*Schatting hoeveelheid [m3]*	M3 bagger verspreidbaar [m3]	M3 bagger niet verspreidbaar [m3]
1	Rijnland	141	€ 12.400.000	*1078261*	268600	42723
2	Hollands Noorderkwartier	652	€ 7.901.500	*687087*	1205000	27000
3	Amstel, Gooi en Vecht	147	€ 7.846.050	*682265*	222200	27800
4	Rivierenland	224	€ 6.760.050	*587830*	421720	10550
5	Hollandse Delta	483	€ 6.146.000	*534435*	515458	44822
6	Schieland en de Krimpenerwaard	167	€ 5.641.951	*490604*	289600	72400
7	De Stichtse Rijnlanden	81	€ 3.400.000	*295652*	200000	27000
8	Brabantse Delta	120	€ 2.193.273	*190719*		
9	Fryslân	340	€ 1.652.817	*143723*	165282	
10	Scheldestromen	990	€ 1.363.566	*118571*	337459	907
11	Drents Overijsselse Delta	270	€ 1.306.824	*113637*	137558	450
12	Vechtstromen	45	€ 1.178.000	*102435*	10300	10300
13	Hunze en Aa's	165	€ 800.000	*69565*		
14	Noorderzijlvest	70	€ 800.000	*69565*		
15	Zuiderzeeland	77	€ 728.500	*63348*	218450	
16	Aa en Maas	113	€ 527.750	*45891*		
17	Vallei en Veluwe	13	€ 422.084	*36703*	7912	11851
18	De Dommel	0	€ 360.000	*31304*	0	0
19	Rijn en IJssel	30	€ 167.000	*14522*		
20	Delfland	88	€ 40.000	*3478*	91214	24620
21	Limburg	10	€ 9.740	*847*		
	Totaal:	4226	€ 61.645.105	*5360444*	4090753	300423
					93%	7%

In de top 10 van staat ook Rijnland weergegeven. Daar zijn wel de volumes bekend maar in de bedrijfsvergelijking zijn niet de totale kosten opgenomen. Ook daarvoor is in de jaarverslagen onderzoek gedaan. Daaruit blijkt dat in 2014 is voor 12,4 mln euro gebaggerd. Op 1 januari 2019 is 90% van de primaire wateren op diepte en 60% van de overige boezemwateren waar Rijnland een eenmalige onderhoudsverantwoordelijkheid heeft. In totaal is er sinds 2005, in 14 jaar, 6,8 miljoen m3 baggerspecie verwijderd. De totale kosten hiervan bedroegen circa 200 miljoen euro. Van deze hoeveelheid heeft 80% een nuttige bestemming gekregen zoals verspreiden op de kant. De resterende 20% is buiten het beheergebied aangeboden bij erkende verwerkers. Vanaf 2019 wordt jaarlijks 685.000m3 gebaggerd tegen jaarlijkse kosten van ongeveer 13,5 mln euro.

Overall gemiddeld wordt ongeveer 1,5m3 per meter watergang verwijderd. Gemiddeld zijn de kosten ongeveer 11 tot 12 euro per kuub. Op basis van deze kengetallen en de bovengenoemde detailinformatie geeft dat in 2014 voor ruim 5 mln kuub zou zijn gebaggerd. Let op, dit is een globale inschatting op basis van de waves database, jaarrekeningen en baggerplannen. Naar verwachting ligt de werkelijke hoeveelheid gebaggerd materiaal hoger.

4.4 Discussie

Het uitbaggeren van het watersysteem in de polders is een belangrijk deel van de activiteiten van de waterschappen. Jaarlijks worden naar schatting 5 miljoen kuub aan baggerspecie verwijderd. De baggeractiviteiten vertegenwoordigen met een begroting van zo’n 50 miljoen een belangrijk onderdeel van de totale begroting van alle waterschappen.

Hoewel de operaties van waterschappen goed worden gevolgd en lokaal worden geregistreerd, bewees deze studie dat het vinden van eenduidige informatie een uitdagende taak is. Over het algemeen kan worden geconcludeerd dat 90% van het gebaggerde materiaal herbruikbaar is volgens de Nederlandse wetgeving, hoewel niet duidelijk is hoeveel van deze 90% daadwerkelijk nuttig (of circulair) toegepast is.

5 Toetsen definitie Circulaire Economie aan baggerprojecten

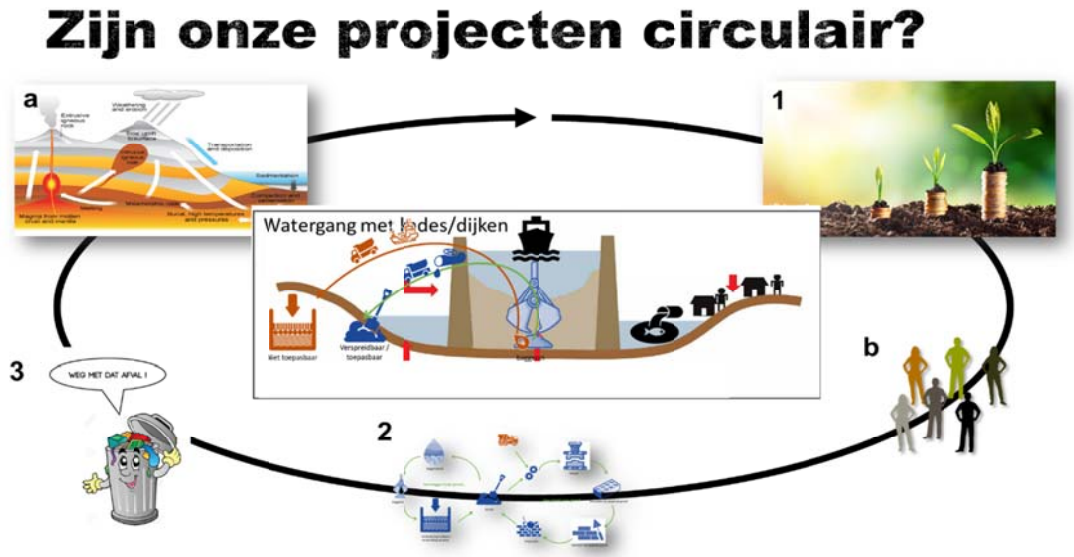
Een belangrijk onderdeel van het onderzoek naar circulair gebruik van baggerspecie bij de waterschappen is de opschaling van het concept voor drie casestudies. Daarvoor heeft op 27 februari 2019 een workshop plaatsgevonden. Het gedetailleerde rapport van de workshop is als Bijlage D aan dit rapport toegevoegd. In dit hoofdstuk zijn de resultaten samengevat.

De specifieke doelen van deze workshop waren:

- Toewerken naar een definitie Circulariteit Baggerspecie, met als basis de door Deltares en NETICS gepresenteerde definitie uit Hoofdstuk 2;
- Uitwerken van het concept Circulariteit van Baggerspecie voor drie case studies;
- Uitdagingen en kennis ontwikkelgebieden in beeld brengen met betrekking tot Circulariteit van Baggerspecie.

Tijdens de workshop heeft Fred de Haan als gedelegeerd opdrachtgever de achtergrond en de doelen van de studie uitgelegd. NETICS en Deltares hebben een beknopt overzicht van de resultaten van de studie gepresenteerd, samen met de door hen geformuleerde sleutelfactoren en kernwaarden voor circulariteit baggergebruik. Vervolgens heeft Fred Haarman, programma manager Nuttig Toepassen Slib Eems-Dollard, als gastspreker een presentatie gegeven over de Eems-Dollard 2050 programma, met focus aan de Kleirijperij en de Ophogen van Landbouwgronden pilots. Tenslotte zijn de deelnemers van de workshop aan de slag gegaan door drie casestudies te toetsen aan de sleutelfactoren en kernwaarden voor circulair baggeren.

De definitie van circulariteit en baggeren is door Deltares en NETICS in de vorm van drie sleutelfactoren en twee kernwaarden in Hoofdstuk 2.1 gepresenteerd. Die zijn middels Figuur 5-1 aan de deelnemers van de workshop gepresenteerd.



Figuur 5-1. Key factoren (1 t/m 3) en key elementen (a en b) van circulariteit van bagger, zoals in deze rapport beschreven en aan de deelnemers van de workshop gepresenteerd.

De drie casestudies zijn:
1) Verontreinigde bagger in de Plantage Muidergracht.
2) Baggeren Oranjekanaal;
3) Baggeren Loodrechtste plassen; en

Voor iedere casestudie zijn twee vragen beantwoord:
1. Wat is circulariteit baggerspecie in dit project
2. Wat is er voor nodig om circulariteit baggerspecie te realiseren

5.1 Verontreinigde bagger in de Plantage Muidergracht

Karin Marrees van Waternet introduceerde de Casestudie 3). De bagger in Plantage Muidergracht te Amsterdam is grotendeels zodanig verontreinigd dat de bagger niet vrij mag worden toegepast. Er zijn behoorlijk veel gegevens beschikbaar over het materiaal wat tot nu toe wordt afgevoerd naar een stortplaats. De vraag is wat er moet gebeuren voordat deze bagger circulair kan worden toegepast. Waternet gaat ervan uit dat daarvoor zowel over verwerkingstechnieken als specifieke toepassingsgebieden nagedacht worden.

Wat is circulariteit baggerspecie voor het project Plantage Muidergracht?
Circulariteit is het creëren van waarden. Er zijn verschillende manieren om waarde te creëren. De uitdaging is waarde creëren en de optie kiezen die de grootste waarde heeft, niet de makkelijkste optie.

Besluitvormers willen rendement op korte termijn. Zij zijn niet bewust van een probleem of een kans. Dit belemmert de implementatie van circulariteit baggerspecie.

Wat is er nodig om circulariteit baggerspecie te realiseren voor Plantage Muidergracht ?
- Het is vervuild sediment en hierbij heb je wettelijke beperkingen. Dit geldt voornamelijk voor vervuild sediment. Wetgeving beperkt de mogelijkheden en vergroot de kosten. Het is nodig om over risico's te denken niet (alleen) over concentraties. Bijvoorbeeld, je kunt vervuild slib gebruiken in toepassingen zoals mixen met cement en daarmee verzeker je dat de vervuiling vast is.
- Lange termijn denken. Plan voor 20 tot 30 jaar. Lange termijn denken. Plan en visie.
- Een maatschappelijke kost baten analyse voor de lange termijn.
- Nadenken over wat je wil bereiken. Wat voor oplossing zijn er en wat is nodig voor de toekomst voor een gebied.

Hoewel de cases over vervuild slib gaat, zijn de opmerkingen niet specifiek voor vervuild slib, maar meer generiek.

5.2 Baggeren Oranjekanaal

Gerrit Meijerink van Waterschap Vechtstromen geeft een introductie op Casestudie 1), baggeren Oranjekanaal. De primaire functie van het Oranjekanaal is na veenwinning beperkt geworden tot aanvoer en afvoer van water. Daardoor is jarenlang weinig aan onderhoud gedaan. Nu is er vermoedelijk vanwege kwaliteit reden om te baggeren. De bagger is sterk zandig. In een eerder uitgevoerde pilot zijn, in samenwerking met NETICS, bouwblokken gemaakt van bagger. Met deze bouwblokken is een stuk oeverbeschoeiing aangelegd. Er zijn meerdere toepassingen met deze blokken denkbaar en Vechtstromen heeft de ambitie om het concept verder te brengen en op te schalen.

Wat is circulariteit baggerspecie voor het project Oranjekanaal?

- Baggerspecie op locatie houden, geen transport
- Duurzaamheidsgedachten: beoordeling op basis van bijvoorbeeld CO2 impact, eco-kosten, economisch voordeel
- Combinatie zoeken met alternatief bouwproducten, zoals bijvoorbeeld betoncentrale (mobiel)
- De cirkel van bagger naar bouwstof naar bagger juist voor stedelijke gebieden verduurzamen door waarde toe te voegen. Catalogus of kansenkaart van mogelijke producten.
- Bagger eruit halen en terugbrengen is de eerste cirkel.
    - Om alle bagger te kunnen gebruiken blijft combi.
    - Wil moeten we kijken naar waarden product op de lange termijn.

Wat is er nodig om circulariteit baggerspecie te realiseren voor Oranjekanaal?

- geld om techniek goedkoper te maken en verder te ontwikkelen
- ambitie en lef om te beslissen, stip op de horizon. Eerst een innovatiesubsidie en daarna financiering vanuit projecten.
- Koppelen van vraag en aanbod: door vraag te creëren stimuleer /forceer je ontwikkeling
- Out of the box denken
- Catalogus of kansenkaart met toepassingen: blokken, parkeer straten, NVO
- Beleid aanpassen aan nieuwe mogelijkheden
- Opschalen: er wordt meer bagger gewonnen dan toegepast

5.3 Baggeren Loosdrechtse plassen

Dineke Mulderij van de Provincie Noord-Holland introduceert het project Loosdrechtse Plassen, Casestudie 2). De provincie Noord-Holland, Waternet, twee gemeenten en het Plassenschap zijn gezamenlijk betrokken bij het baggeren van de Loosdrechtse plassen. In 2017 is een pilot uitgevoerd om van 2 problemen 1 oplossing te maken. De 2 problemen waren: 1) er is teveel slib op de bodem en 2) veel van de oude legakkers die na de veenwinning zijn achtergebleven zijn door erosie verdwenen. De opdracht was om nieuwe legakkers te maken met het veenslib afkomstig van de bodem van de Loosdrechtse Plassen. Dat is met succes uitgevoerd. Er is eerst een soort matras gemaakt van wiepen en daar is vervolgens de bagger ingebracht. Daarbovenop is riet aangebracht, waardoor het nu kan functioneren als natuurvriendelijke oever. Voor opschaling is de vraag wat er gebeurt als je deze verwerkingstechniek en toepassing op al het benodigde baggerwerk zou toepassen.

Wat is circulariteit baggerspecie voor het project Loosdrechtse Plassen?

- Herbruikbaar;
- Lokaal;
- CO2 omlaag;
- Géén restproduct
- Score:
    - Kosteffectief
    - CO2 belasting
    - Circularisteit is relatie tot LCA
- Waarde van CO2 capture – Voor wie? Evt. bedrijven aanhaken als Melkunie!

Wat is er nodig om circulariteit baggerspecie te realiseren voor Loosdrechtse Plassen?

- Open uitvraag
    - Functioneel
    - Doel nuttig hergebruik
- Ruimte bieden voor gaande weg innovatie
- Terug naar de basis meten & weten
- Koppel pilotproject aan opschaling
- Besteden op basis van LCA
- Koek groter maken / MGA toepassen
- Risico's & Kansen waarderen

5.4 Uitdagingen en kennisvragen opschalen circulair baggergebruik

Tussen de casestudies is de algemene overeenkomst dat circulariteit van bagger neerkomt op het vinden van de (lange-termijn) meerwaarde oplossingen, meestal samen met andere partijen. Dit is in lijn met de kernwaarden van circulair baggergebruik dat samenwerken met andere partijen nodig is voor het sluiten van kringlopen..

Er is behoefte aan een lange-termijn visie op hergebruik van baggerspecie in relatie tot de circulariteitsdoelstellingen die door een MKBA-analyse is onderbouwd. Als dit niet gebeurt worden risico's en kosten naar de toekomst doorgeschoven en onder andere vanwege inflatie hoger uitvallen op het moment dat de druk op de doelstellingen zo hoog wordt dat projecten geforceerd circulair moeten worden uitgevoerd. Er is een behoefte aan een vroegtijdige koppeling van vraag en aanbod. Deze aanpak is in principe geldig voor zowel schoon zoals vervuild sediment. Bij vervuild sediment zal dit zeker gepaard gaan met een bredere risicoanalyse en waarschijnlijk hogere behandeling kosten.

De deelnemers van de workshop hebben uitdagingen geïdentificeerd voor het opschalen van circulair baggergebruik. Die uitdagingen zijn te koppelen aan vijf thema.

1. Scope
   Lange termijn focus en visie met kansen benutten die boven project-niveau uitstijgen tegen en kort of klein denken naar makkelijke oplossingen
2. Financiering
   Financieringsconstructie of budgetten om met deze aanpak te starten
3. Governance
   Samenwerken structuur tussen verschillende partners die de eisende van iedereen goed op een lijn brengt
4. Juridisch
   Met name gerelateerd aan vervuilde sediment en het mogelijk nood om wetgeving aan te passen
5. Communicatie
   Bewustwording van de voordelen van circulaire toepassingen bij bestuurders en het laten zien van concrete toepassingen.

Gebaseerd op deze uitdagingen zijn tevens kennisvragen benoemd. De belangrijke kennisvragen kunnen samengevat worden als:

- Technisch
  - Onderzoek naar toepassing kleiig en venig slib
  - Effectbepaling van toeslagstoffen in bagger (fysisch, chemisch, biologisch, beschikbaarheid)
  - Rol en hoeveelheid van CO2-emissie van bagger, rendementsvergelijking van verschillende toepassingen (bijv. verspreiden over land of creëren van producten)
  - Verschillende toepassing van verschillende bagger, en innovatieve baggertechnieken
- Financieel
  - Identificering en in kaart brengen van de kosten, bijv. bagger transport; CO2 – bouwstoffen; maatschappelijk)
  - MKBA van geselecteerde gebieden en / of projecten
- Governance
  - Identificatie van de beste manier om bestuur en / of stakeholders meer nemen (bijv. via het schijven van een position paper)
  - Ontwikkeling van een circulaire bagger visie voor bepaalde regio / gebieden (verbinding met de MKBA analysie).
- Juridisch
  - Identificatie van de nood van de regelgeving of normen te wijzigen om CE te stimuleren, samen met de ministerie I&W
  - Doorgaan naar een risico-gebaseerd wetgeving, met name met betrekking tot vervuilde bagger
  - Identificatie van eigenaarschap CO2
- Communicatie
  - Catalogus ontwikkelen vanuit waterschappen
  - Vergelijken de initiatieven van de Waterschappen met Rijkswaterstaat.

Deze kennisvragen zijn verwerkte in onderzoek aanbevelingen voor de toekomstige fases in Hoofdstuk 6.

6 Discussie en conclusie

6.1 Naar circulair werken met bagger

Uit onderzoek blijkt dat in Nederland vooral in de jaren 80 en 90 van de vorige eeuw behoorlijk veel onderzoek is geweest naar het schoonmaken oftewel saneren en vervolgens toepassen van verontreinigde baggerspecie. Dit was vooral om de hoge afvoerkosten en milieubelasting te kunnen verlagen. Daarnaast heeft men onderzoek gedaan naar het nuttig toepassen van baggerspecie. Ook in dit geval ging het veelal om verontreinigde baggerspecie met als streven om ook hier zo weinig mogelijk baggerspecie af te hoeven voeren en zo kosten te besparen.

Op dit moment worden diverse van die verwerkingstechnieken weer actueel. Niet vanwege de focus om te besparen op afvoerkosten maar vanwege het streven om baggerspecie zoveel mogelijk nuttig toe te passen als alternatief voor andere bouwstoffen. Het verdient aanbeveling om alle technieken die in het verleden zijn afgeschreven vanwege bijvoorbeeld te hoge kosten opnieuw onder de loep te nemen en te kijken of ze in de huidige tijdspanne wel interessant genoeg zijn. Een groot deel van deze technieken is in de bijlage van dit rapport benoemd en globaal omschreven. Het gaat nu immers niet meer alleen om kosten te verlagen maar ook om het verminderen van CO2 belasting. Het streven naar een circulaire economie geeft dat ook andere meerwaardes worden meegewogen dan in de jaren 80 en 90 van de vorige eeuw. Ook kan het zijn dat bepaalde grondstoffen vanwege de wereldwijd toenemende grondstoffenschaarste duurder zijn geworden waardoor een alternatief gemaakt van baggerspecie nu wel economisch haalbaar is.

In deze studie zijn 3 sleutelfactoren en 2 kernwaarde van circulariteit en bagger voorgesteld. Er blijkt een wat diffuus begrip te zijn over wat circulaire economie en circulair gebruik van bagger nu precies inhoudt. De sleutelfactoren en kernwaardes moeten te helpen om per project te kunnen streven naar de meest circulaire oplossing. Om dit proces te stroomlijnen bevelen we een zogenaamde circulariteitstoets aan. Deze toets moet nog ontwikkeld te worden en dient als hulpmiddel te kunnen worden ingezet zodat per project kan worden beoordeeld of er circulair wordt gewerkt en of het mogelijk meer circulair kan. Dit instrument werkt daarom met verschillende niveaus van circulariteit en helpt de waterschappen om de doelstellingen voor circulair baggergebruik te stellen en te bereiken. Dit kan op projectniveau maar zou ook op gebiedsniveau moeten kunnen worden beoordeeld. Dit laatste is mogelijk door de circulariteitstoets over een baggerplan heen te leggen. Baggerplannen worden in het algemeen voor een periode tussen de 5 en 10 jaar geschreven. Een baggerplan is daarmee de ideale mogelijkheid om het aanbod aan baggerspecie in een gebied te koppelen aan een potentiële circulaire toepassing. Dit kan door bijvoorbeeld een overzicht van infraprojecten te aan het baggerplan toe te voegen waarbij de potentiële vraag aan grondstoffen wordt getoond die uit baggerspecie kunnen worden gemaakt.

Circulair gebruik van bagger is sterk gerelateerd aan het begrip nuttig hergebruik van bagger en duurzaamheid. De algemene conclusie is dat het van groot belang is om naar meerwaardige oplossingen te streven. Daarmee wordt een combinatie van financiële waarde van ecosysteemdiensten bedoelt samen met bijvoorbeeld de belangen van verschillende stakeholders. Samenwerken is een cruciale kernwaarde voor circulair gebruik van bagger. Om zo goed mogelijk inzicht te krijgen in meerwaardige oplossingen is de aanbeveling om een standaard MKBA te ontwikkelen die per stakeholder voor een periode van bijvoorbeeld

20 tot 30 jaar de lange termijn visie en daarbij behorende meerwaarden kwantificeert en kwalificeert.

In principe gelden dezelfde sleutelfactoren en kernwaarden voor schone en verontreinigde baggerspecie. Hergebruik van verontreinigde bagger heeft normaal gesproken wel een ingewikkeldere en kostbaardere procedure (wetgeving) en keten (oa. saneringstechnieken) te doorlopen. De andere kant is wel dat vervuilde bagger zich vaak in steden of industriële omgevingen bevindt, oftewel meerwaardige gebieden. In dit soort gebieden is daardoor vaak meer budget beschikbaar om de bagger te verwerken.

De meeste onderzoeken die zijn uitgevoerd hebben betrekking op verwerkingstechnieken voor grond en baggerspecie. De inventarisatie van de ervaringen en inzichten van de waterschappen middels de workshop laat zien dat governance, communicatie en financiële aspecten gezien worden als de grootste uitdagingen zijn en daarmee belangrijke succesfactoren zijn voor effectief hergebruik van bagger. Wel wordt aangegeven dat er een gebrek is aan snel te vinden informatie over hoe baggerspecie nuttig kan worden toegepast. Vaak wordt verwezen naar het boekje van Rijkswaterstaat met als titel ‘bagger beter benut’ uitgegeven in 2004. Dit boekje geeft een overzicht van diverse projecten. De aanbeveling is om dit boekje een update te geven met nieuwe projecten, nieuwe toepassingen en nieuwe ervaringen, ook vanuit het buitenland en de waterschappen. Daarbij is de wens om meer projectdetails te tonen dan in het boekje van Rijkswaterstaat staan, zoals gegevens over kosten, specifieke succesfactoren en randvoorwaarden. Mogelijk kan in dit nieuwe overzicht voor diverse projecten meteen de circulariteitstoets worden uitgewerkt waaruit moet blijken of een project onder de noemer circulair gebruik van bagger valt en/of mogelijk nog circulairder kon.

Als we kijken naar de huidige focus op hergebruik van bagger gaat het vooral over de inzet van zogenaamde nature-based oplossingen in de grond- weg- en waterbouw. Dit zijn oplossingen waarbij zoveel mogelijk gebruik wordt gemaakt van natuurlijke processen (building with nature) en de natuur waar mogelijk wordt nagebootst (biomimicry). Er is ontwerpstroming in opkomst die zich bezighoudt met Eco-Engineering en bovengenoemde begrippen toepassen. Om de eco-engineers te helpen om bagger in de ontwerpen circulair toe te passen is de aanbeveling om een ontwerphandreiking op te stellen. Het advies is om de handreiking op basis van systems engineering in te richten waardoor het niet alleen inzicht geeft in de technische aspecten, maar juist ook de juridische, economische en governance aspecten uit de circulariteitstoets.

Al met al kan worden geconcludeerd dat er veel kansen zijn voor hergebruik van bagger en dat dit een belangrijke en significante bijdrage kan leveren aan de circulariteitsdoelstellingen van de Nederlandse overheid. Wel dienen nog een aantal stappen genomen te worden om om de waterschappen om hergebruik van bagger gemeengoed te laten zijn en als een automatisme zo circulair als mogelijk in te zetten. Deze stappen open zijn hierboven al aangestipt en worden in de volgende paragraaf verder gespecificeerd.

6.2 Aanbeveling vervolg

De waterschappen moeten in 2050 naar 100% circulair gebruik van grondstoffen toe. In een eerste onderzoek, uitgevoerd door Deltares en NETICS, is een overzicht gegeven van de beschikbare kennis over hergebruik van baggerspecie en in hoeverre dit aansluit bij de definitie van circulaire economie. Uit het onderzoek blijkt dat hergebruik van baggerspecie, onder andere vanwege de grote volumes, een belangrijke bijdrage kan leveren aan de circulariteitsdoelstellingen van de waterschappen. Uit het onderzoek blijkt tevens dat er een

kloof is tussen de kennis over circulair werken en de praktijk van uitvoeren en er behoefte bestaat aan instrumenten om daadwerkelijk met de bestaande, maar ook nieuw te ontwikkelen kennis aan de slag te gaan met circulariteit en baggerspecie.

Als vervolg op dit onderzoek is het voorstel (Fase 2) om in samenwerking met de waterbeheerders een toetsinstrumentarium te ontwikkelen voor circulair werken en te toetsen in de praktijk met behulp van pilots en het opstellen van een handreiking circulair werken met bagger. Het traject bestaat uit:

1) Ontwikkeling van kennis en tools om circulaire en meerwaardige oplossingen te kunnen identificeren;
2) het toetsten van deze kennis en tools aan drie praktijk cases met identificatie van (lange-termijn) meerwaardige circulaire oplossingen; en
3) het ontwerpen van drie (één per case) pilots c.q. toepassingen in het veld.

De volgende producten kunnen een bijdrage leveren aan het vergroten van het draagvlak en de mogelijkheid om circulair te gaan werken met bagger.

- Kansenkaart hergebruik bagger
  Er zijn diverse in de praktijk bewezen oplossingen voor hergebruik van zowel schone als verontreinigde baggerspecie die bijdragen aan een circulaire economie. Er is behoefte aan het uitwerken van de door de in Fase 1 verzamelde~~,~~ en ~~deels ook door henzelf~~ ontwikkelde~~,~~ kennis en informatie uit te werken in ~~tot e~~en totaaloverzicht zodat gebruikers vroeg in een project verschillende oplossingen kunnen overwe~~e~~gen ~~kunnen worden~~. Bijvoorbeeld middels een determinatietabel. Per oplossing kunnen gegevens worden getoond zoals kosten, succesfactoren en randvoorwaarden. De kansenkaart dient toegankelijk te zijn en gemakkelijk uit te breiden.

- Marktonderzoek toepassingen uit bagger
  Het is bekend dat er een specifieke marktvraag is naar producten uit afval. Daarbij is het voorkomen van afval een belangrijke drijfveer die tegenwoordig kan opwegen tegen de meerkosten van de verwerking. Om inzicht te krijgen in de omvang van deze vraag vanuit de toepassing is het nodig om een marktonderzoek uit te voeren. Daarbij zal zeker aandacht worden besteed aan het toepassen van producten van verontreinigde bagger en hoeveel ruimte de wet- en regelgever hiervoor biedt. Een van de belangrijkste aandachtspunten is daarbij hoe om dient te worden gegaan met de kans op eventuele uitloging van hergebruikte verontreinigde baggerspecie. Mogelijk dat de wet- en regelgeving hierop dient te worden aangepast. De resultaten van onder andere de POSW onderzoeken kunnen worden gebruikt om de discussie te onderbouwen.

- Circulariteitstoets baggerproject.
  In het onderzoek van Fase 1 is een definitie uitgewerkt voor circulair gebruik van baggerspecie die is getoetst aan een aantal praktijkcases. Het doel is om een beoordelingsinstrument te ontwikkelen waarmee waterschappers zelf deze toetsing kunnen uitvoeren. Deze toets geeft aan in welke mate een baggerproject circulair is (vergelijkbaar met energielabel voor huizen). Dit helpt de waterschappen om in kaart te brengen hoe circulair ze zijn als het gaat om baggeren in het algemeen en helpt om een project meer circulair in te richten. Daarom zal de toets gekoppeld zijn aan de kansenkaart'. Door de circulariteitstoets op te nemen in het baggerplan wordt circulair werken met bagger geïnstitutionaliseerd binnen de waterschappen en onderdeel van de reguliere werkprocessen. De circulariteitstoets kan ~~zou~~ daarom ook een plek krijgen in het overkoepelende waterbeheerplan van de waterbeheerders.

- Handreiking circulair werken met bagger
  Deze handreiking omschrijft hoe waterbeheerders circulair werken met bagger praktisch kunnen inrichten. De handreiking geeft inzicht in technische, juridische, economische (MKBA) en governance vraagstukken en oplossingen. Tevens is het een handleiding om de circulariteitstoets baggerproject te kunnen uitvoeren, gekoppeld aan de kansenkaart.

- Drie case studies circulair werken met bagger
  Het voorstel is om drie praktijk cases te selecteren voor circulair werken met bagger. De uitwerking van deze drie cases moet inzicht geven in de verschillende mogelijkheden en inspiratie en houvast bieden aan professionals die in hun eigen projecten ~~ook~~ circulair willen gaan werken met bagger. Voor iedere case wordt een MKBA ontwikkeld en de kansenkaart, de circulariteitstoets baggerproject en de handreiking ingezet. De lessons learned zullen leiden tot een advies tot aanscherping.

- Workshops ‘circulair werken met bagger’
  Middels workshops kunnen waterschappers kennismaken met bovenstaande producten, met name de kansenkaart, de circulariteitstoets en de handreiking en deze vervolgens toepassen op hun eigen projecten. Uit onderzoek blijkt dat mensen eerst ervaring moeten opdoen voordat ze een instrument zelfstandig kunnen gaan gebruiken. Het doel is dat na de workshops ze de producten zelf kunnen gaan toepassen, tegelijkertijd biedt het inzichten in de mogelijkheden en haalbaarheid van circulair werken met bagger in de praktijk.

A Kaders besluit bodemkwaliteit

Baggerspecie kan worden opgewerkt naar grond, een bouwstof of een vormgegeven bouwstof. De termen baggerspecie, grond, niet-vormgegeven bouwstof en vormgegeven bouwstof corresponderen met de definities in het Besluit bodemkwaliteit.

Baggerspecie is materiaal, dat is vrijgekomen uit de bodem via het oppervlaktewater of de voor dat water bestemde ruimte en bestaat uit minerale delen met een maximale korrelgrootte van 2 millimeter en organische stof in een verhouding en met een structuur zoals deze in de bodem van nature worden aangetroffen, alsmede van nature in de bodem voorkomende schelpen en grind met een korrelgrootte van 2 tot 63 millimeter

Figuur 6-1 Bagger bestaat uit fijne korrels

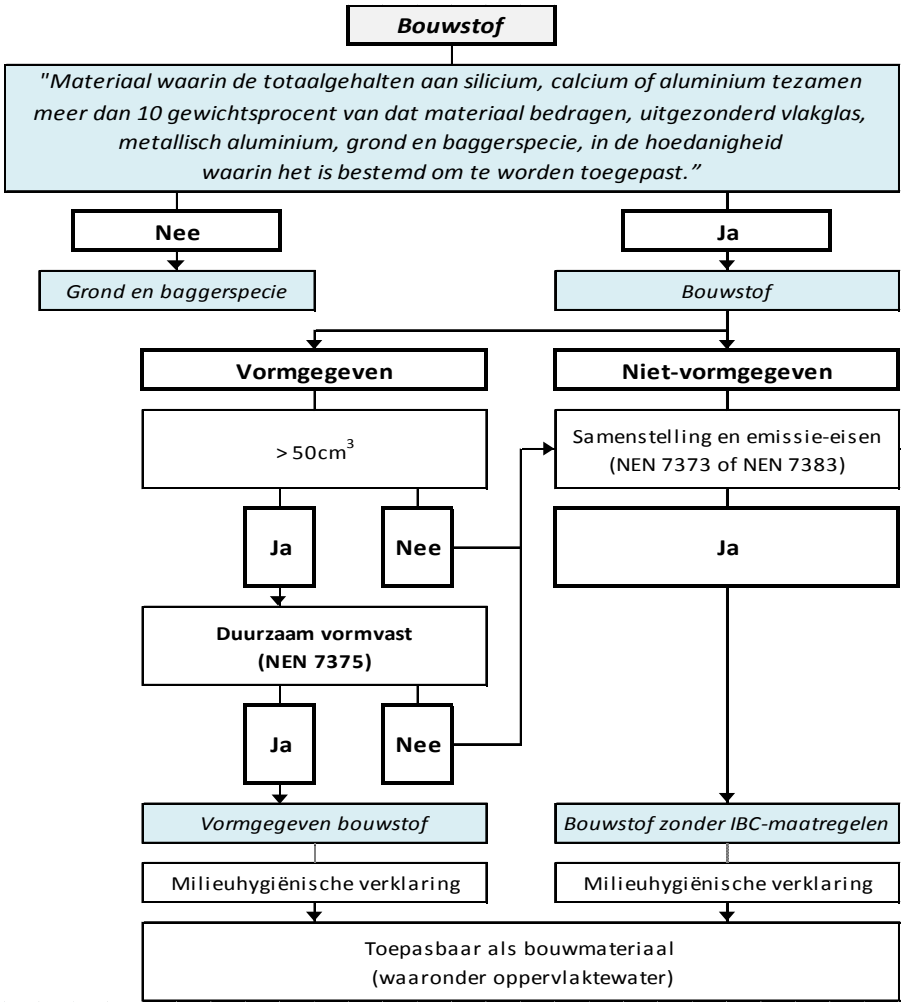
Grond is vast materiaal en bestaat uit minerale delen met een maximale korrelgrootte van 2 millimeter en organische stof in een verhouding en met een structuur zoals deze in de bodem van nature wordt aangetroffen, alsmede van nature in de bodem voorkomende schelpen en grind met een korrelgrootte van 2 tot 63 millimeter, met uitzondering van bagger.

Figuur 6-2 Grond bestaat uit grotere korrels en bevat onder andere organisch materiaal

Bouwstof is een ‘materiaal waarin de totaalgehalten aan silicium, calcium of aluminium tezamen meer dan 10 gewichtsprocent van dat materiaal bedragen, uitgezonderd vlakglas, metallisch aluminium, grond en bagger, in de hoedanigheid waarin het is bestemd om te worden toegepast. Bouwstoffen worden onderverdeeld in twee hoofdcategorieën:

- **Vormgegeven bouwstoffen**. De kleinste eenheid van het materiaal moet ten minste een volume hebben van 50 cm3 en het materiaal moet duurzaam vormvast zijn. Met andere woorden, de bouwstof moet uit flinke brokken bestaan en mag onder normale gebruiksomstandigheden nagenoeg geen erosie of slijtage vertonen. Voorbeelden van vormgegeven bouwstoffen zijn bakstenen, betonklinkers, asfaltbeton en heipalen. Ook slakken uit bijvoorbeeld een metaalbereidingsproces kunnen hieronder vallen, mits ze voldoen aan de volume eis voor de kleinste eenheid.
- **Niet-vormgegeven bouwstoffen**. Bouwstoffen die niet voldoen aan de vereisten voor vormgegeven bouwstoffen vallen in de categorie niet-vormgegeven bouwstoffen. Voorbeelden hiervan zijn assen en granulaten.

Onderstaande stroomschema geeft inzichtelijk te maken hoe de wetgeving onderscheid maakt tussen bouwstoffen (al dan niet vormgegeven) en de onderliggende categorieën.



Figuur 6-3 Stroomschema bepaling categorie bouwstof

Middels waterbodemonderzoek kan worden onderzocht of de bagger verontreinigd is of niet en of het in potentie geschikt is om ingezet te worden in een constructie. In het waterbodemonderzoek worden de fysische en chemische eigenschappen van de bagger onderzocht. Een waterbodemonderzoek volgens de NEN5720 is officieel toegestaan als milieuhygiënische verklaring voor de kwaliteit van toe te passen baggerspecie bij toepassing op de land- of waterbodem of verspreiding van de baggerspecie in oppervlaktewater of over het aangrenzende perceel.
De milieukundige parameters die in het laboratorium worden bepaald zijn onder andere de massagehaltes zware metalen (lood, zink, koper, cadmium, etc.) en massagehaltes polycyclische aromatische koolwaterstoffen (minerale olie, naftaleen, pyreen, fluorantheen, etc.). Een onderdeel van een officieel uitgevoerd waterbodemonderzoek is de toetsing van deze parameters aan het Besluit Bodemkwaliteit.

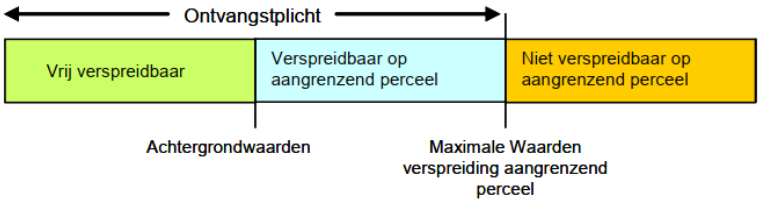
Om de toepassing van bagger te stimuleren is in 2008 het Besluit bodemkwaliteit (Bbk) van kracht geworden op alle werkzaamheden op of in de (water)bodem.
Dit besluit wordt ondersteund door middel van circulaires, waaronder de circulaire onderhoudsbagger en circulaire bodemsanering. Het besluit gaat uit van een integrale benadering van water en bodem en geeft daarvoor ruimte door middel van een combinatie van generieke normen en risicomanagement op gebiedsniveau.

Het algemene uitgangspunt is dat er geen vuile grond, ook niet uit bagger, met schone grond mag worden vermengd, de bestaande bodemkwaliteit mag niet achteruitgaan. Het besluit geeft daarnaast lokale overheden de mogelijkheid om goed onderbouwde normen te stellen die daarvan afwijken. Binnen het zogenaamde gebiedspecifiek risicomanagement wordt in het besluit gesteld dat bagger mag worden verplaatst als het risico voor de omgeving gelijk blijft, of bij voorkeur minder wordt.

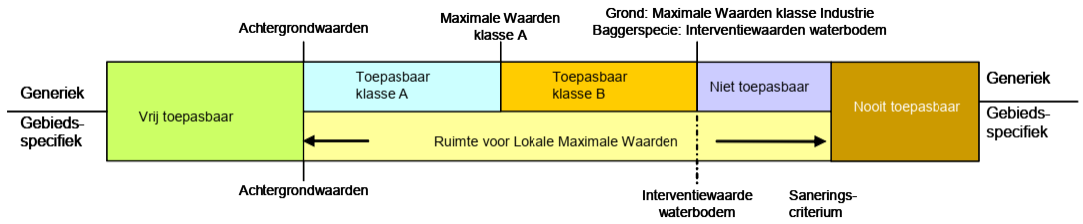
Het verschil tussen het generieke toepassingskader en het gebiedspecifieke toepassingskader is daarmee dat bij generiek getoetst wordt aan de vereiste kwaliteitsklasse van de ontvangende bodem, terwijl bij gebiedspecifiek getoetst wordt aan de vastgestelde lokale maximale waarde (gehalten) van de ontvangende bodem. Deze Lokale Maximale Waarden (LMW) kunnen gelijk zijn aan de maximale waarden van de functieklasse van de ontvangende bodem, maar dat hoeft niet.

Met gebiedspecifiek beleid kunnen de volgende zaken worden geregeld:
- het vaststellen van lokale maximale waarden;
- het vaststellen van een percentage bodemvreemd materiaal dat afwijkt van het percentage dat in het Besluit is opgenomen (20%).

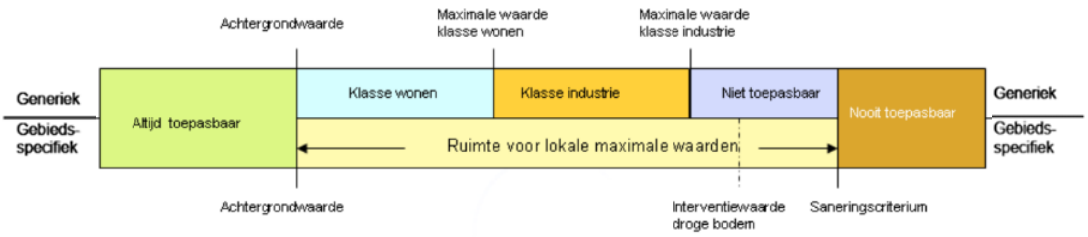
Het bevoegd gezag krijgt daarmee de ruimte om ook verontreinigde bagger toe te passen. Gemeenten zijn het bevoegd gezag voor het toepassen van grond, bagger en bouwstoffen op of in de landbodem. Waterschappen en Rijkswaterstaat zijn het bevoegd gezag voor toepassingen op of in de waterbodem.



*Figuur 6-4 Generiek beleid voor **verspreiden** bagger **op aangrenzend perceel***



*Figuur 6-5 Beleid voor **toepassen** van grond en bagger **in het oppervlaktewater***



*Figuur 6-6 Beleid voor **toepassen** van grond en bagger **op landbodems***

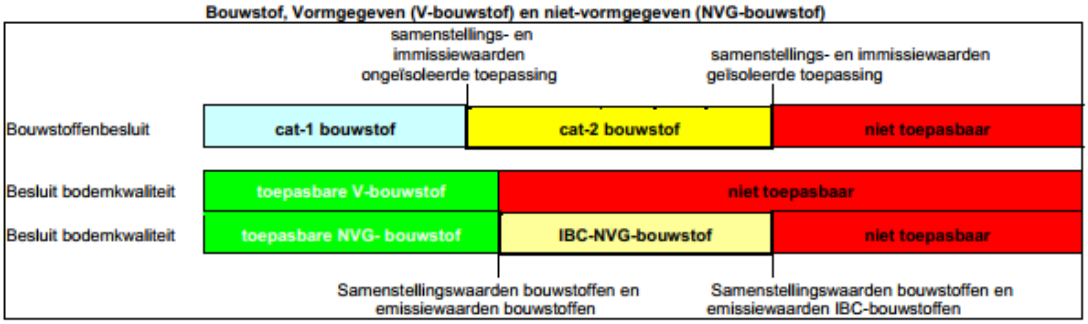
Elke lokale (water)beheerder is verantwoordelijk voor de bodem- en waterkwaliteit van zijn beheergebied en kan kiezen om zelf normen vast te stellen die optimaal aansluiten bij de functies, kwaliteit en ontwikkelingen van een gebied (lokaal maatwerk). Binnen de eisen die het Besluit stelt, kan een beheerder gebiedsspecifiek beleid opstellen voor één of meerdere delen van het beheergebied. Rekening moet onder meer worden gehouden met: standstill op gebiedsniveau en het vastleggen van het gebiedsspecifieke beleid in een Nota bodembeheer.

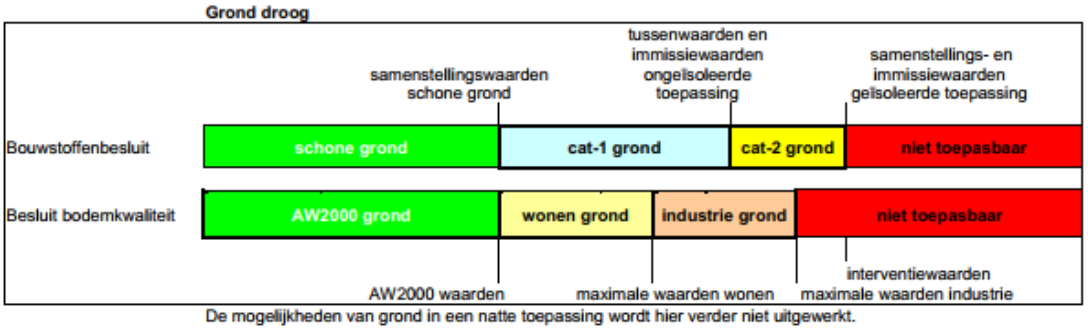
De meeste onderzoeken die zijn gedaan naar hergebruik van baggerspecie zijn voor het verschijnen van het besluit bodemkwaliteit gedaan en vielen in veel gevallen onder de invloed van het Bouwstoffenbesluit. Dit besluit werd bij evaluatie als te ingewikkeld, te duur, te star en te slecht handhaafbaar bestempeld. Ook de normstelling stond onder druk, omdat deze onvoldoende rekening hield met milieurisico's. In het onderhavige besluit is de regelgeving sterk vereenvoudigd en is deze op een aantal punten flexibeler gemaakt. Er is een op risico gebaseerde normstelling ontwikkeld. Bij het Besluit bodemkwaliteit is naast de kwaliteit van de ontvangende bodem ook de functie ervan van belang geworden.

Besluit Bodemkwaliteit	**Bouwstoffenbesluit**
Grond geen bouwstof	Grond was een bouwstof
Productgericht	Toepassingsgericht
Grootschalige toepassing	Toepassing in een werk
De gehele keten	Toepassing handhaafbaar
Toepassing moet buiten plaatsvinden	
Partijkeurin door erkende instanties	
Erkende kwaliteitsverklaringen (BRL-en)	

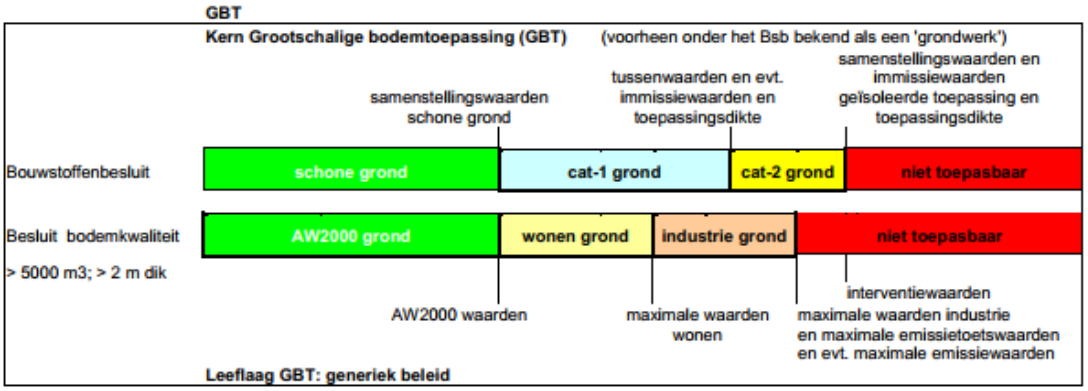
Typering	Besluit Bodemkwaliteit	Bouwstoffenbesluit	Opmerking
Achtergrond kwaliteit	AW 2000 Ref. landbouw en natuur	Streefwaarde	Toetsen aan schone grond
Kwaliteit voor wonen	Referentie Wonen	BGW 1	BGW nu ook voor hergebruik
Uiterste hergebruik grens	Referentie Industrie	SW2 BsB	Gebiedsbeleid hogere toepassing mogelijk
Verspreiding grnes	MS-paf	Klasse o, I, II	Per saldo gelijk
Toepassen in oppervlaktewater	Klasse A en B	Klasse 0, I, II, III	Ruimte door aanpassing I-waarde
Gebiedsspecifieke ruimte	Tot aan saneringscriterium	Geen	Alleen diffuus gebiedseigen materiaal

In onderstaande overzicht zijn de wijzigingen schematisch weergegeven.





De mogelijkheden van grond in een natte toepassing wordt hier verder niet uitgewerkt.



B Literatuurstudie verbetermethoden voor bagger

De rapporten van het Programma Ontwikkeling Saneringsprocessen Waterbodems (POSW). en het Projectbureau Hergebruik Baggerspecie (PHB) zijn onderzocht op verbetermethoden alsook het verslag van de baggernetbijeenkomst van 10 oktober 2017 (mede georganiseerd door NETICS) en in het bijzonder de volgende rapporten:
2018 (concept) literatuur onderzoek rijping – Deltares
2018 Historisch (literatuur) onderzoek Pilot Kleirijperij- EcoShape
2010 onderzoek afzetmarkt -baggerspecie-VITO.pdf
2009 Technologie scan versneld ophogen met baggerspecie. Deltares
2009 Bagger anders bekeken, beter benut, Deltares
2009 Proef Grootschalige Verwerking Baggerspecie. Eindevaluatie, Rijkswaterstaat
2008 De toepassing van baggerspecie van technology push naar co-creatie, Deltares
2007 Overview on treatment and disposal options, Hakstege et.al.
2007 Inzet van bagger en ruimingsspecie ter vervanging van primaire grondstoffen in Vlaanderen, VITO
2005 Best beschikbare technieken verwerken bagger, VITO
2004 bouwen met baggerspecie dagelijkse praktijk Rijkswaterstaat

1. Programma Ontwikkeling Saneringsprocessen Waterbodems (POSW)
Hoofddoelstelling van het POSW was de ontwikkeling van verwerkingsprocessen voor vervuilde waterbodems. Deze processen bestaan uit één van de volgende activiteiten (of een combinatie daarvan): isolatie, baggeren, transporteren, scheiden, ontwateren, reinigen, immobiliseren en bergen.

In de eerste fase was het programma gericht op onderzoek van de technische mogelijkheden voor gangbare technieken en nieuwe methoden. Deze zouden speciaal voor de waterbodem perspectief moeten bieden. Naast de technische en milieuhygiënische aspecten zijn ook de kosten van de technieken bekeken. Het onderzoek dat bedrijfsleven en overheid samen hebben uitgevoerd, heeft vooral betrekking op milieuvriendelijk baggeren, scheiden, reinigen en immobiliseren van verontreinigingen.

Het POSW richtte zich dus niet op het toepassen van grond of bouwstoffen uit bagger, maar specifiek op het optimaliseren van verwerkingsprocessen en het verwijderen of vastleggen van verontreinigingen. Omdat dit van grote invloed kan zijn op de toepassingsmogelijkheden is in dit rapport een uitgebreide samenvatting gegeven van de uitkomsten van het POSW onderzoek.

De onderzoeken van het POSW richt zich in eerste instantie op de verwerking van vervuilde bagger afkomstig van waterbodems. Men is op zoek gegaan naar nieuwe verwerkingsprocessen, opgebouwd uit een combinatie van de volgende activiteiten: isoleren, baggeren, transporteren, scheiden, ontwateren, reinigen, immobiliseren en bergen.
Belangrijkste aanleiding van het onderzoek was een marktvraag om voor zeven verontreinigde waterbodemlocaties met haalbare saneringsoplossingen te komen. Uit de ingediende plannen bleek dat er heel veel technieken werden voorgesteld die nog niet of slechts beperkt operationeel waren. Gezien de enorme saneringsopgave in Nederland is vervolgens het POSW onderzoek opgezet om deze technieken verder te onderzoeken en te valideren. Het onderzoeksprogramma is parallel uitgevoerd aan de sanering van een aantal locaties waar een aantal van deze technieken zijn beproefd en gemonitord.

Er is in het POSW onderzoek op hoofdlijnen een onderscheidt gemaakt in de zogenaamde verwerkingsoptie en de in-situ optie met beide als hoofddoel de emissie van schadelijke stoffen te beperken:

1. Bij de verwerkingsoptie wordt de vervuilde baggerspecie na het baggeren verwerkt tot schone of onschadelijke producten.
2. Bij de in situ optie wordt de bagger ter plaatse gereinigd of geïsoleerd (ingepakt).

Beide opties hebben als voordeel dat de bagger niet in depots gestort en daarmee niet opgeborgen hoeven te worden. Bovendien kan het schone of inerte deel van de baggerspecie weer nuttig worden toegepast wat vervolgens kan leiden tot een besparing aan primaire grondstoffen.

Het POSW onderzoek is opgedeeld in twee fasen. In de eerste fase is voornamelijk onderzoek gedaan naar de technische mogelijkheden voor de op dat moment bekende technieken alsook naar kansrijke nieuwe methoden. Er is gekeken naar de technische en de milieuhygiënische aspecten alsook naar de kosten van de diverse technieken. In de samenvatting van de fase blijkt dat vooral milieuvriendelijk baggeren, scheiden, reinigen en immobiliseren van verontreinigingen aan bod zijn geweest. Het transport en de ontwatering van bagger vormde geen onderdeel van het programma met als reden dat daarbij geen knelpunten waren gesignaleerd die opgelost zouden moeten worden door middel van onderzoek. In de tweede fase van het programma zijn veelbelovende de technieken verder toegepast en onderzocht in pilotprojecten. Het ging in alle gevallen om vervuilde baggerspecie en dus saneringstrajecten.

In de jaren 90 toen het POSW onderzoek is uitgevoerd was er een behoorlijke achterstand in Nederland in het baggeren van waterbodems. Bovendien was er op dat moment een behoorlijk deel van de baggerspecie verontreinigd. Sindsdien is de achterstand met een effectieve aanpak waar nodig ingelopen en zijn verontreinigingen grotendeels gesaneerd.

1.1 Overzicht literatuur

De belangrijkste bevindingen uit beide fasen zijn hierna omschreven. Het is een samenvatting van zo’n 90 rapporten.

1.2 POSW Fase 1

De eerste fase van het POSW onderzoek is hieronder uitgewerkt. Daarbij zijn de onderzoeken gesorteerd op basis van de onderzochte verwerkingsaspecten en -technieken.

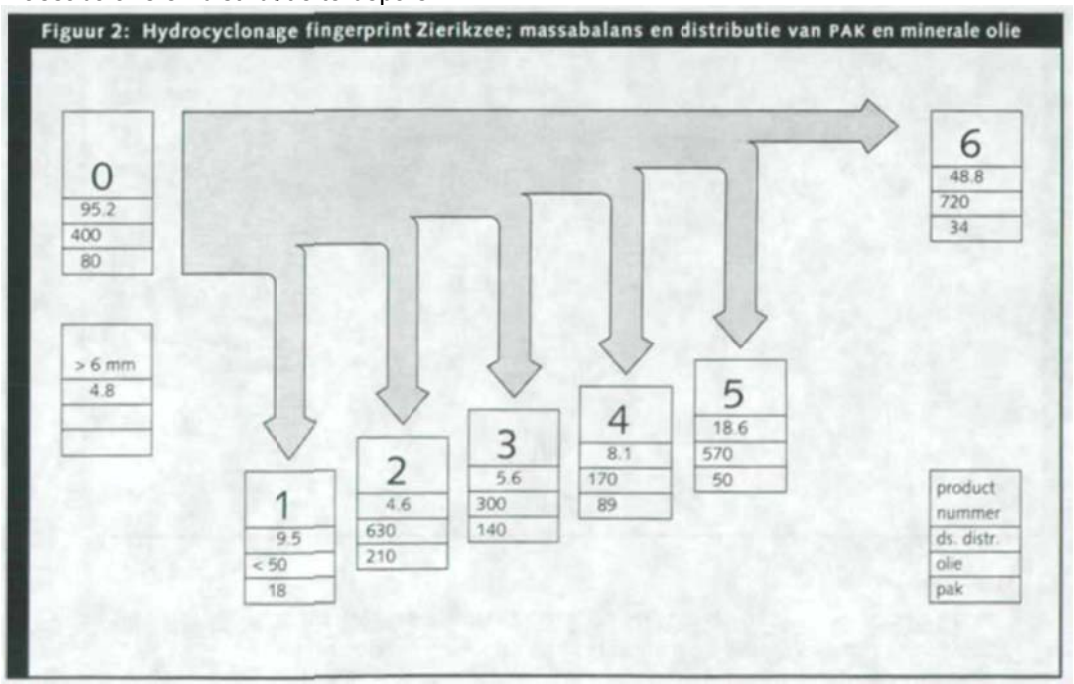
<u>Baggeren en locatieonderzoek</u>: De onderzoeken toonden aan dat milieuvriendelijk en selectief baggeren van juist dat verontreinigde deel lastig uitvoerbaar was. Om dat goed te doen was aangepast baggermaterieel nodig inclusief een goed positioneringssysteem, een zorgvuldige werkwijze en het voorkomen van mors en verspreiding van de verontreinigde baggerspecie. Al deze onderdelen waren op dat moment nog niet goed uitvoerbaar.
Er zijn destijds tijdens een proef met een zogenaamde aangepaste schijfbodemcutter veelbelovende resultaten bereikt op basis waarvan de conclusie werd getrokken dat selectief en daarmee milieuvriendelijk baggeren wel mogelijk zou zijn. Middels de zogenaamde milieuschijfcutter is het mogelijk om selectief te baggeren in dunne lagen. De uitdaging bij de inzet van deze techniek is dat de verontreiniging in de bodem nauwkeurig vastgesteld dient te worden. De mate van verspreiding van verontreinigingen met name in de verticale richting bleek in werkelijkheid veel anders te zijn dan vooraf door waterbodemonderzoek was vastgesteld. Het reinigen of immobiliseren van verontreinigde bagger vereist een hoge nauwkeurigheid aan vooronderzoek om onverwachte en te grote veranderingen verderop in

de verwerkingsketen te voorkomen. De conclusie was dat er rekening gehouden dient te worden met de nauwkeurigheid waarmee met materieel te baggeren is.

Scheiding van bagger: Er is in het POSW onderzoek heel veel aandacht besteed aan het onderwerp hydrocyclonage. Hydrocyclonage is een techniek waarmee verdunde baggerspecie wordt gescheiden in lichte en zware fracties met als uitgangspunt dat verontreinigingen meestal gebonden zijn aan de lichte fracties. De belangrijkste conclusie was dat middels deze techniek concentratie van de verontreiniging in een bepaalde fractie van de baggerspecie mogelijk is. Het lastige bij deze techniek is dat vooral bij sterk verontreinigde bagger de verontreinigingen ook in de zware fracties worden aangetroffen. Vanuit deze eerste fase van het POSW onderzoek is dan ook de aanbeveling gedaan om te onderzoeken of de cycloon techniek kan worden geoptimaliseerd om beter schone fracties te kunnen produceren. Een van de belangrijkste conclusies was dat het winnen van zand dankzij deze techniek mogelijk is.

Een van de aanbevelingen vanuit het onderzoek was om te onderzoeken in hoeverre een combinatie van verschillende soorten en maten hydrocyclonen kunnen leiden tot een betere verdeling van diverse fracties en de daaraan gekoppelde verontreinigingen. Daarbij dient een massabalans te worden opgezet waarbij per cycloon in kaart wordt gebracht wat het rendement is en waar het effluent uit bestaat wat door de volgende cycloon verder kan worden gescheiden.

De fracties die zijn afgescheiden per cycloon kunnen op basis van hun eigenschappen daarna indien nodig naar een reinigingsinstallatie. Figuur 7 geeft en dergelijke zogenoemde fingerprint weer waarbij sediment middels diverse cyclonen is gescheiden. Per cycloon is de verdeling van de fracties, de hoeveelheid olie en PAKs weergegeven. De vijf in serie geschakelde hydrocyclonen leverden steeds slibrijkere deelstromen op. De fingerprint is ontwikkeld tot een tool die gebruikt kan worden om op projectniveau de optimale massabalans en distributie te bepalen.



Figuur 7 Hydrocyclonage fingerprint

In deze eerste fase is ook onderzoek gedaan naar maar scheiding van bagger in depots. Hierbij is vooral gekeken naar de scheiding van de vaste delen met het water. Het doel was om te onderzoeken hoe verder ruimtebesparing in een depot te verkrijgen was middels de inzet van flocculanten. Daarbij is de inzet zogenaamde duovlokkingmethode toegepast. Bij deze methode worden twee flocculanten gecombineerd gebruikt waarbij een snelle sedimentatie optreedt van het lichte materiaal en er een helder supernatant ontstaat. Het interessante aan deze conclusie was dat door duovlokking een consolidatie optreedt die ervoor zorgt dat de bagger er altijd vrijwel dezelfde dichtheid krijgt als oorspronkelijk als bagger insitu op de waterbodem aanwezig was.

Andere ontwateringsmethoden die voorhanden waren en middels een literatuurstudie onderzocht zijn mechanische ontwatering en de goedkopere maar langzamere natuurlijk ontwatering. Vaak zijn mechanische technieken niet geschikt voor zandhoudende specie. Bij alle technieken bleek tijdens de ontwatering een zekere hoeveelheid water vrij te komen, dat in meer of mindere mate verontreinigd was. Er is in de eerste fase in het bijzonder een aanbeveling gedaan om de werking van een vacuümtrommel te onderzoeken.

Reiniging van bagger: De meeste technieken die die op dat moment beschikbaar waren om diverse typen van verontreinigingen uit baggerspecie te halen bevonden zich nog in de experimentele of demo fase. Reinigingstechnieken worden onderverdeeld in verwijdering van zware metalen die niet afgebroken kunnen worden maar geëxtraheerd worden, en in verwijdering van organische verbindingen die wel afgebroken kunnen worden. Het meeste onderzoek naar reinigingstechnieken in de eerste fase heeft plaatsgevonden op laboratoriumschaal. Er is onderzoek gedaan naar een aantal technieken waarvan de resultaten in Figuur 8 zijn weergegeven.

Tabel 4: De reinigingstechnieken voor baggerspecie of fracties daarvan die in het POSW zijn ondergebracht

Reinigingstechniek	fractie [1]	verontreiniging	bedrijf
biologische reiniging			
landfarming	T	PAK, olie	DHV
beluchtingsbassin	L	PAK, olie	TNO/WBGN
bioreactor	TZ	PAK, olie	TNO/WBGN
chemische reiniging			
extractie met zuur	TLZ	zware metalen	TNO/SEC
extractie met complexvormers	LZ	zware metalen	TNO/PBI
oxidatie met waterstofperoxyde	T	PAK, olie	VOW/DolmanWibo
fysische/chemische reiniging			
flotatie	Z	omive's [2] + zware metalen	Serasea/WBGN
gravitatieve scheiding	Z	omive's + zware metalen	Serasea/WBGN

1 T = totale baggerspecie; L= lichte fractie; Z= zware fractie
2 omive = organische microverontreinigingen

Figuur 8 Reinigingstechnieken per verontreinigingstype

Biologische reinigingstechnieken waarbij micro organismen worden gebruikt om organische stoffen af te breken lijken met name interessant voor olie- en PAK-verontreinigingen. Het probleem is dat in de meeste gevallen slechts een deel van de verontreinigingen wordt afgebroken. Ook is het rendement sterk afhankelijk van de bindingsvorm van de verontreiniging in de baggerspecie.

Het grote voordeel van dit soort technieken is dat het bodemmateriaal grotendeels intact blijft doordat weinig energie en chemicaliën nodig zijn. Bovendien produceren de micro-organismen geen nieuw afval. In de eerste fase van het POSW onderzoek was het haalbaar om verontreinigde baggerspecie tot op grenswaarden niveau schoon te maken.

Biologische oxidatie werd onderzocht in drie verschillende technieken: landfarming (in dunne lagen uitspreiden over land), bioreactor (verdunde suspensie in roterende trommel) en beluchtingsbassin (verdunde suspensie in bassin).

Zandhoudende specie (ongescheiden specie of zware fractie) kan gereinigd worden in een landfarm of bioreactor, terwijl het beluchtingsbassin alleen geschikt is voor lichte fracties. Voor alle drie de technieken bleek dat de reactiesnelheid in het begin hoog is en dat niet alle verontreinigingen verwijderd worden. Deze restconcentratie wordt verklaard door het overblijven van moeilijk afbreekbare verbindingen óf door het niet beschikbaar zijn van verbindingen door sorptie aan het bodemmateriaal.

In het onderzoek is gekeken in hoeverre *landfarming* kan zorgen voor afbraak van PAKs en olie. De bagger is in zeer dunne lagen van ongeveer 30 centimeter uitgespreid in een depot waarna het na drogen gedeeltelijk is geploegd. Na een jaar was ongeveer 60% tot 80% van de PAK afgebroken. De kosten van landfarming lagen destijds relatief hoog ten opzichte van andere methoden.
Er is ook onderzocht in hoeverre een *bioreactor* inzetbaar was. Er is gebleken dat door het toevoegen van bacteriën en het verhogen van de temperatuur de afbraaksnelheid wat verhoogd kan worden in een roterende vat, de bioreactor. Het verlagen van rotatiesnelheid van het vat en het verhogen van het droge stofgehalte van de bagger had geen negatief effect op de afbraaksnelheid. Inzet van deze vorm van biologische reiniging is alleen een economisch aanvaardbaar als de baggerspecie binnen enkele dagen tot een week naar acceptabele afbraak percentages leidt. In de praktijk blijkt dat een tot twee maanden nodig zijn om een acceptabel afbraakpercentage te bereiken. Daarom is dit onderzoek na de laboratoriumfase stopgezet. De toepassing van de bioreactor kan nog wel economisch interessant zijn bij zeer hoge verontreiniging concentraties in combinatie met landfarming. Zeer hoge concentraties komen in de Nederlandse waterbodems echter nagenoeg niet (meer) voor.

Er is onderzocht in hoeverre de biologische afbraak van PAK en olie in de lichte fractie na hydrocyclonage verloopt door middel van *beluchting*. Daarbij wordt de baggerspecie met tussenpozen belucht. In de tweede uitgevoerde proeven bleek dat dat de afname van PAK voldoende was om onder de streefwaarde te komen die vanuit de wetgeving werd geëist.

Bij chemische reiniging wordt onderscheidt gemaakt in *extractieve technieken* en *oxidatietechnieken*. De extractieve technieken worden ingezet voor het verwijderen van zware metalen. Door middel van oplosmiddelen worden de zware metalen losgemaakt van de baggerspecie of uit de lichte of zware fractie en afgevoerd en via het water. In het onderzoek is zoutzuur, zwavelzuur en de complexvormer EDTA ingezet als oplosmiddel. Alle geteste technieken bleken vergelijkbare resultaten op te leveren. In alle gevallen bleven ook hier

restconcentraties achter. Voor het verwijderen van metalen zijn hoge rendementen haalbaar. Aanvullende beluchting leidde tot nog betere resultaten. Het nadeel van deze techniek is dat het bodemmateriaal aangetast wordt en niet meer als grond toepasbaar is. Er is niet beschreven of het bodemmateriaal als bouwstof wel toepasbaar zou zijn. Daarnaast is het chemicaliën verbruik hoog en er ontstaat een reststroom met zware metalen.

Een van de aanbevelingen was om onderzoek te doen en technieken die de mobiele metalen weghalen maar de gebonden metalen juist laten zitten. De vraag is waarvoor verontreinigde grond met gebonden materialen nog inzetbaar is ondanks dat uitloging misschien niet meer plaatsvindt. In het POSW onderzoek is de link met de mogelijke toepassingen hiervan niet gelegd.

Er is onderzoek gedaan naar chemische afbraak van organische microverontreinigingen te verkrijgen middels het toevoegen van waterstofperoxide als oxiderende stof. Dit leidde niet tot het gewenste resultaat. Eventueel is chemische oxidatie wel met andere oxidatiemiddelen mogelijk naast chemische oxidatie zijn mogelijk ook thermische oxidatietechnieken inzetbaar zoals natte oxidatie. Deze methode is opgenomen in POSW fase 2 onderzoek.

Reinigingstechnieken zijn vooral geschikt voor specifieke verontreinigingen. Naast bovengenoemde reinigingstechnieken zijn er ook andere methoden die toepasbaar kunnen zijn op baggerspecie een voorbeeld is solvent-extractie. Daarbij worden organische microverontreinigingen opgelost met organische oplosmiddelen. Andere methoden zijn het floteren van de lichte fractie, electroreclamatie en thermisch reinigen.

Op het moment van het afronden van de POSW fase 1 periode was men erg enthousiast over de mogelijkheden om hydrocylonage toe te passen voor grote hoeveelheden licht verontreinigde zandige baggerspecie. Op dat moment was het gebruik van het zandige deel in principe al mogelijk.

Een van de belangrijkste conclusies in relatie tot de sanering van verontreinigde bagger was dat voor elke waterbodemsanering een optimale combinatie moet worden gevonden tussen de technische, economische en milieuhygiënische aspecten. En dat de beoordeling van de verwerkingstechnieken van vervuilde bagger dient gebaseerd te zijn op de achterblijvende gehalten aan verontreinigingen na het saneren. Maar ook dienen het energie en chemicaliënverbruik in de afweging meegenomen te worden alsook ook het ontstaan van afvalstromen en reinigingsresiduen.

De conclusie was dat het reinigen van bagger tot aan een bepaalde streefwaarde in principe altijd mogelijk is maar dat de inspanning in relatie tot energiegebruik en chemicaliën gebruik stijgt naarmate er hogere eisen worden gesteld. Daarbij ontstaat op een gegeven moment een omslagpunt waarbij het niet meer rendabel is uit kostenperspectief om bagger volledig te reinigen. Daarom beveelt het POSW onderzoek een aanpak aan waarbij eerst mobiele zwak gebonden verontreinigingen worden verwijderd en de resterende sterk gebonden verontreinigingen worden vastgelegd met het aanvullen in mobilisatietechnieken. Met als hoofddoel dat er een nuttig en waardevol eindproduct ontstaat wat kan dienen als grondstof, bouwstof of bouwelement.

Een derde reinigingsmethode die is onderzocht is de zogenaamde *fysisch-chemische reinigingsmethode*. Zo is het polishen van de zware fracties onderzocht. Bij polishing wordt middels schuimscheiding of met gravitatieve scheidingsmethoden de deeltjes afgescheiden waarin de verontreiniging in grote concentraties aanwezig is. Bij schuimscheiding worden specifieke chemicaliën gebruikt die hechten aan deze deeltjes en aan kleine luchtbelletjes. Het schuim dat ontstaat bevat de verontreinigingen en wordt verwijderd. Gravitatieve scheidingsmethoden zijn gebaseerd op het gebruik van zwaartekracht om deeltjes met verschillende dichtheden te scheiden, zoals hydrocyclonage.

Immobilisatie: Bij immobilisatie worden verontreinigingen vastgelegd om verspreiding in het milieu te voorkomen. De gehaltes aan verontreinigingen veranderen niet of nauwelijks. Chemische immobilisatie bleek niet altijd even effectief te zijn daarom was de conclusie vanuit de eerste fase van het POSW onderzoek dat thermische behandeling meer perspectief bood. Vooral als er een hoge waarde uit het restproduct te krijgen was door bijvoorbeeld klein houden bagger te bakken tot steenachtig materiaal waarin de metalen zijn vastgelegd en organische verontreinigingen door de hoge temperatuur worden vernietigd. Het nadeel van deze techniek is een hoog energieverbruik met daarbij komende hoge milieubelasting en energiekosten in relatie tot een niet altijd even homogeen eindproduct.

Het POSW onderzoek fase 1 heeft ertoe geleid dat dat diverse reinigingstechnieken op korte termijn konden worden toegevoegd aan de verwerkingsketen van bagger. Er zijn diverse technieken onderzocht waarvan een aantal positieve resultaten hebben opgeleverd. Samengevat zijn dit volgens het evaluatierapport de volgende:

1. Selectief baggeren met de milieuschijfcutter.
2. Systematische hydrocyclonenconfiguratie.
3. Biologisch reinigen van lichte fractie in een beluchtingsbassin.
4. Landfarming van baggerspecie.

5. Schuim scheiding van zware fractie .
6. Gravitatieve behandeling van de zware fractie.

Extractieve methoden voor zware metalen vergden meer onderzoek en de ontwikkeling van bioreactoren was stopgezet vanwege een te laag rendement in relatie tot kosten en reiniging. De verwerkingsmethoden zijn verschillend per soort baggerspecie. De soort wordt in dit geval bepaald door de combinatie van type verontreiniging, de verontreinigingsgraad en de samenstelling van de specie:

1. Het type verontreiniging: zware metalen, organische microverontreinigingen zoals olie, PAK en organochloorverbindingen, of een mengsel van deze stoffen.
2. De verontreinigingsgraad: hoogte van de concentraties en de wijze waarop de verontreinigingen gebonden zijn.
3. De samenstelling van de bagger: zand, slib en klei, veen.

Op alle soorten species zijn de verwerkingstechnieken baggeren, transporteren, ontwateren en scheiden toepasbaar. De reinigingstechnieken richten zich vooral op zware metalen of organische microverontreinigingen. Voor mengsels van verontreinigingen zijn immobilisatietechnieken geschikt en eventueel flotatie. De visie die vanuit POSW fase 1 is geformuleerd is dat na twee tot tien jaar de reinigingstechnieken dermate ontwikkeld kunnen zijn dat kan worden gekozen uit de volgende verwerkingsroutes:

Voor baggerspecie verontreinigd met organische microverontreinigingen:

Milieubaggeren ->	Hydrocyclonage ->	Gravitatieve scheiding -> Schuimflotatie Solventextractie Landfarming Beluchtingsbassins Thermisch reinigen	Bergen/nuttig gebruik

Voor baggerspecie verontreinigd met zware metalen:

Milieubaggeren ->	Hydrocyclonage ->	Gravitatieve scheiding -> Schuimflotatie Biologische extractie Zuurextractie Extractie met complexvormers Electroreclamatie Immobilisatie	Bergen/nuttig gebruik

Voor baggerspecie verontreinigd met mengsels:

Milieubaggeren ->	Hydrocyclonage ->	Thermisch immobilisatie -> Schuimflotatie Combinatie van technieken voor zware metalen+ organische micro's	Bergen/nuttig gebruik

De ideale combinatie van scheiding, reiniging en/of immobilisatie levert een eindproduct op dat geschikt is voor nuttig gebruik als grondstof, bouwstof of als bouwelement. Het lijkt erop dat bij het schoonmaken van sterk verontreinigde bagger het niet haalbaar is om een multifunctionele grond te verkrijgen. Bijvoorbeeld door verbranding of sterk zure extractie zijn

de gehalten van de verontreinigingen voldoende laag, maar ontstaat er een mineraal product dat niet meer als multifunctionele bodem inzetbaar is. Bij wat minder aggresievere technieken die gericht zijn op biologische afbraak blijft veelal een reststroom overblijven dat alleen geschikt is voor storten.

Vanuit het POSW fase 1 onderzoek is zelf al de aanbeveling gedaan om te onderzoeken of het niet belangrijker is om de verspreiding door bijvoorbeeld uitloging en de biologische beschikbaarheid van de stoffen tegen te gaan. POSW fase 1 geeft aan dat de beoordeling van het milieurendement van reinigings- en verwerkingsprocessen vanuit de bruikbaarheid van het eindproduct als bodem of bouwstof en bouwelement moet worden bekeken.

1.2 POSW Fase 2

In fase 2 van het POSW is een vervolg gegeven aan de ontwikkeling van de nieuwe verwerkingstechnieken. Het doel is om solvent-extractie en flotatie met lichte fractie te onderzoeken alsook de knelpunten bij biologische reiniging op te lossen.

Gedurende de looptijd van POSW nam het belang van het programma verder toe vanwege het verschenen beleidsstandpunt 'Verwijdering Baggerspecie' en de Evaluatienota Water. Daarin werd als beleidsdoelstelling aangegeven dat 20% van de vervuilde baggerspecie in het jaar 2000 verwerkt en hergebruikt zou moeten worden. Het toenmalige bouwstoffenbesluit en de werkzaamheden van het projectbureau hergebruik baggerspecie (PHB) van Rijkswaterstaat anticipeerden eveneens op de praktische toepassing van producten uit verwerking van baggerspecie voor het jaar 2000.

Bij de afronding van fase 1 waren slechts enkele technieken operationeel, namelijk hydrocyclonage en ontwatering van baggerspecie. De doelstelling van POSW fase 2 was de oplevering van een aantal operationele milieuvriendelijke bagger en verwerkingstechnieken waarvan in fase 1 was aangegeven dat ze de potentie hadden binnen enkele jaren toepasbaar te zijn. Toepasbaarheid diende daarbij nog in de praktijk te worden aangetoond om onderdeel te kunnen zijn van een integrale saneringsketen. De toepassing in de praktijk werd bij veel technieken onder andere in de weg gestaan door lage reactiesnelheden, de achterblijvende rest concentraties, ontstaan van vervuilde afvalstromen, verhoogde toxiciteit na behandeling en hoge kosten.

Naast de operationalisering van de veelbelovende technieken uit fase 1 zijn technieken meegenomen die in andere landen operationeel succesvol zijn gebleken. Bijvoorbeeld in de droge grondreiniging of in het buitenland dit beperkt zich tot die technieken die naar verwachting binnen enkele jaren toepasbaar zijn voor waterbodemsaneringen. Fase 2 van het programma kende hiermee twee hoofdlijnen:

1. Techniek operationalisering. Daarbij werden de verschillende stappen in de reinigingsketen verder uitgewerkt. Het ging om locatieonderzoek, baggertechnieken, biologische en chemische reiniging en immobilisatie. Er is in het onderzoek in het algemeen uitgegaan van een verwerking van reeds opgebaggerde specie (verwerking ex-situ). Alleen bij het onderwerp biologische reiniging is oorspronkelijk nog de optie meegenomen om de waterbodem op locatie in situ te behandelen.
2. Pilot saneringen. Binnen deze hoofdlijn zijn vier pilot locaties geselecteerd, de werken ervan voorbereid, uitgevoerd en geëvalueerd.

<u>Baggeren en locatieonderzoek</u>: Nauwkeurig locatieonderzoek bleek essentieel om saneringsbaggerwerkzaamheden uit te voeren. In pilotsaneringen bleek de aanwezige hoeveelheid te verwijderen bagger vaak veel groter dan vooraf was ingeschat. Binnen het

POSW onderzoek fase 2 is daarom het model FAST ontwikkeld wat inzicht geeft in de mate van nauwkeurigheid van het locatieonderzoek. Met dit model kan vooraf worden bepaald of de locatieonderzoeksopzet voldoende nauwkeurig is in relatie tot de kosten van het project inclusief de kans dat het gewenste resultaat wordt bereikt.

Ook is onderzocht in hoeverre sneller en goedkoper de kwaliteit en opbouw van de bodem in kaart kan worden gebracht. Methoden om direct in de waterbodem insitu de kwaliteit te meten waren nog in ontwikkeling op het moment van verschijnen van de evaluatie.

Wel is succesvol zogenaamde ‘in loco’ technieken ingezet. Daarbij wordt met een mobiel laboratorium ter plekke de waterbodem geanalyseerd. Daarbij is XRF voldoende betrouwbaar gebleken voor de snelle screening van de concentraties van de meeste zware metalen. De bepaling van het droge stofgehalte en het percentage van organische bestanddelen is succesvol bepaald met een magnetron die destijds net op de markt waren. Uit de resultaten blijkt dat met een magnetron in korte tijd relatief grote hoeveelheden baggerspecie reproduceerbaar te drogen is. De gemiddelde droogtijd bedraagt ongeveer 15 minuten en een inweeghoeveelheid tot 50 gram is mogelijk. Bij monsters met zeer hoge watergehaltes (90%) en hoge organische stof gehaltes (35 %) bedraagt de droogtijd ongeveer 25 minuten. De proeven zijn uitgevoerd met een vermogen van 650 Watt. Zes monsters kunnen gelijktijdig gedroogd worden. Uit het onderzoek kan geconcludeerd worden dat de magnetron geschikt is voor een snelle droge stofbepaling van monsters met een relatief groot volume, hierdoor resteert voldoende materiaal voor eventueel een XRF bepaling. Uit een verkennend onderzoek bleek ook dat een snelle bepaling van de gloeirest met de magnetron kan worden uitgevoerd.

Ook is onderzoek gedaan naar spectrale reflectie met zichtbaar licht. Dit is een techniek waarbij de kleur van baggerspecie nauwkeurig bepaald wordt met een spectrofotometer. Tussen deze kleur en de verontreinigingsgraad bestaat een correlatie. Deze wordt veroorzaakt door het feit dat de kleur in eerste benadering samenhangt met de korrelgrootte verdeling: zand is licht van kleur, klei grijs en organische bestanddelen bruin of zwart. Daarnaast zijn roest en ijzersulfide bruin-zwart. De kleine deeltjes, die het grootste oppervlak hebben en de meeste verontreiniging dragen zijn het donkerst. Tevens kan het voorkomen dat het slib in een gebied samengesteld is uit aanvoer vanuit twee of meer bronnen met specifieke verontreinigingen. Een slibmonster zal dan uit een mengsel bestaan, dat weer naar zijn componenten met bijbehorende informatie over de vracht verontreiniging terug gerekend kan worden op grond van een reflectie spectrum. Tenslotte kan de specifiek chemische informatie, vervat in de reflectie van ijzerverbindingen bijdragen aan de correlatie.

Het voordeel van spectrale reflectie is dat ze in principe goedkoop en snel is, zodat de resultaten van grote aantallen meetpunten vrijwel real time beschikbaar kunnen komen. Hierdoor kan de meting gebruikt worden voor het karteren van een terrein en voor real time controle van processen. Om betere uitspraken over de geschiktheid van de methode voor correlatie met fysische parameters te kunnen doen wordt aanbevolen nader onderzoek te doen met een grote hoeveelheid monsters uit een klein gebied.

Een andere bruikbare veldmethode waarmee het gehalte aan droge stof, organische stof, calciet, dichtheid en korrelgrootteverdeling wordt bepaald maakt gebruik van ‘nabij infrarood spectrometrie (NIR) en legt een relatie tussen reflectiepatroon en bodemstructuur. Deze techniek is in loco operationeel en commercieel beschikbaar. Figuur 9 vat per analysemethode het toepassingsgebied weer.

analysemethode	parameter						vorm van meten		monster voorbe-verkingstijd	meettijd	ontwikkelingsstadium			
											apparatuur		methode	
	zware metalen	pak	minerale olie	droge stof	organische stof	granulaire samenstelling	*in loco*	*in situ*			*in loco*	*in situ*	*in loco*	*in situ*
XRF	k	-	-	-	-	-	+	-	geen	6 - 20 min [1]	com	-	com	-
NIR	-	-	?	k	k	k	+	(+)	geen	5 s	com	ond	com	ond
laserdiffractie	-	-	-	-	-	s	+	-	geen	6 min	com	-	exp	-
micro wave droogstoof	-	-	-	k	-	-	+	-	geen	20 min	com	-	com	-
micro wave ver-assingsoven	-	-	-	-	k	-	+	-	5 min	30 - 60 min	com	-	com	-
fluorescentie	-	s	-	-	-	-	(+)	(+)	geen	< 5 s	ond	2)	ond	2)
fluorescentie met monsterextractie	-	s	-	-	-	-	+	-	15 min (ASE)[4]	< 5 s	com	-	exp	-
HPLC	-	k	-	-	-	-	+	-	15 min (ASE)	10 - 30 min [3]	com	-	exp	-
GC-FID (MS)	-	k	k	-	-	-	+	-	15 min (ASE)	10 - 30 min [3]	com	-	exp	-
IR	-	-	s	-	-	-	+	-	15 min (ASE)	< 5 s	com	-	exp	-

- = niet geschikt
? = toepassing nog niet bekend, nader onderzoek is gewenst
(+) = potentieel geschikt
s = semi kwantitatief
k = kwantitatief
ond = apparatuur of methode bevindt zich in onderzoekstadium
exp = apparatuur of methode bevindt zich in experimenteel stadium
com = apparatuur of methode is op de markt commercieel beschikbaar

1) = lokatie afhankelijk
2) = onderzoek moet nog gestart worden
3) = meettijd 10 min voor een beperkt aantal pak
4) = Accelerated Solvent Extraction

Figuur 9 Toepassingsgebied analysemethoden veldlaboratorium

Er is een vergelijkend praktijkonderzoek gedaan naar diverse baggertechnieken waarbij gekeken is naar de vertroebeling en mors. De belangrijkste conclusie was dat de verschillende baggertechnieken in nauwkeurigheid niet veel van elkaar verschillen. Overall kan worden gezegd dat een maaknauwkeurigheid van 10 cm een reële eis is waar een aannemer aan kan voldoen qua materieel. Uiteraard is ook de vakbekwaamheid van de machinist van groot belang voor het eindresultaat.

De aanwezigheid van grof vuil blijft een aandachtspunt bij baggerwerken. Grofvuil is in het algemeen alleen te verwijderen met mechanisch materieel zoals grijpers. Vooraf vaststellen van grof vuil is lastig te realiseren. Een van de weinige opties is de inzet van een proefsleuf. Er is seismisch onderzoek gedaan wat destijds onvoldoende resultaat opleverde doordat de nauwkeurigheid van het meetresultaat onvoldoende groot was.

Scheiding van bagger: Het doel van het scheiden is het verkrijgen van diverse fracties. Belangrijkste conclusie van het POSW onderzoek is dat scheiding niet meer zinvol wordt geacht voor slib dat minder dan 50% (gewicht) aan zand bevat. Scheiding levert dan minder zand op, maar ook de winst in stortvolume gaat verloren omdat de natuurlijke ontwatering door consolidatie van het restmateriaal niet meer optreedt wanneer het restmateriaal vrijwel geen zwaardere bestanddelen meer bevat.

Bij de inzet van scheidingstechnieken is het van belang om vooraf een goed inzicht te hebben in de korrelverdeling van de bagger, de materiaalsamenstelling en welke verontreinigingen aan welke fractie gebonden is. In het verleden is een speciale T2000 geschiktheidsproef ontwikkeld waarmee globaal kan worden bepaald op welke grens de fracties moeten worden gescheiden om verontreinigingen eruit te kunnen halen. In een van de rapporten wordt opgemerkt dat een verdere standaardisatie van de T2000-geschiktheidsproef op afzienbare tijd wordt verwacht, zodat vele milieulaboratoria de proef in hun standaard dienstenaanbod zullen opnemen.

In het evaluatierapport van het POSW onderzoek fase 2 wordt opvallend genoeg geen melding meer gemaakt van een van de belangrijkste uitdagingen bij hydrocyclonage. Het algemene uitgangspunt bij verontreinigde baggerspecie is dat verontreinigingen aan de fijne fractie vastzitten. Onderzoek heeft aangetoond dat door hydrocyclonage 70 tot 95% van de vracht aan metalen en 80 tot 95% van de vracht aan organische parameters in de bovenloop, oftewel de fijne fractie, geconcentreerd kan worden. Het uiteindelijke rendement is echter sterk afhankelijk van de uitgang gehaltes en de vorm waarin de verontreinigingen aanwezig zijn indien bijvoorbeeld PAK als relatief grote discrete deeltjes of teer-aggregaten aanwezig zijn kan dit zeer negatieve gevolgen hebben voor het rendement aan PAK sanering. Ditzelfde effect kan optreden als verontreinigingen zoals olie geadsorbeerd zijn aan relatief grote deeltjes en niet grondig worden losgemaakt voor dat de hydrocyclonage plaatsvindt. De conclusie is dat niet altijd kan worden toegepast en dat gedetailleerd vooronderzoek naar de mate en wijze van verontreiniging en binding plaats moet vinden.

Een van de aanbevelingen uit de eerste fase was om onderzoek te doen naar de mogelijkheden van slib flotatie. Bij flotatie worden bepaalde stoffen toegevoegd aan het te reinigen materiaal. Deze stoffen zorgen ervoor dat de verontreinigingen zich hechten aan luchtbelletjes die door beluchting worden toegevoegd. Als deze luchtbelletjes gaan opdrijven vormt het een verontreinigde laag schuim die van het slib kan worden afgeschept. Dit is geprobeerd in de pilot sanering Elburg ook is er een project geweest los van de POSW onder de noemer ‘flotatie Noord- en Zuid Holland’. Dit was een samenwerkingsverband van waterschappen hoogheemraadschappen provincies en Rijkswaterstaat. Anders dan bij zandflotatie blijven bij slibflotatie de gehaltes aan zware metalen ongewijzigd. Dit wordt veroorzaakt door de sterke binding van deze groep aan de kleimineralen. Het gebruik van flotatie als methode om de fijne fractie te reinigen heeft daarom alleen effect op het gehalte aan verontreinigende organische stoffen. In het algemeen geldt dat bij verontreinigde bagger de fijne fractie zo sterk vervuild is met olie en PAK dat de stoffen na flotatie niet onder de signaleringswaarden (of referentiewaarden) komen.

De overblijvende fijne fractie na scheiding wordt soms nog ontwaterd om alsnog in aanmerking te komen voor een vervolgstap zoals immobilisatie of droge stort. In het POSW onderzoek is in kaart gebracht welke mechanische ontwateringsmiddelen in de markt werden gebruikt. Daaruit volgt dat de markt vooral de zeefbandpers gebruikt. Het te behalen droge stof percentage is van verschillende eigenschappen afhankelijk. Het percentage organische stof en de korrelgrootteverdeling van de fijne fractie zijn hierbij meestal bepalend. Bij een gemiddelde korrelgrootteverdeling van slib zijn de onderstaande drogestofgehalte haalbaar.

Tabel 4.3: Gangbare droge stof percentages (bij normale verdeling 0-63 µm)

Organische stof-% in slib	Gemiddeld bereikt droge stof-%	Gangbare droge stof-% range
2 %	65 %	55 - 80 %
10 %	47 %	38 - 57 %
15 %	40 %	32 - 50 %
25 %	38 %	30 - 46 %

De mechanische ontwateringsmethoden gebruiken in het algemeen behoorlijk wat energie en er worden vaak vlokmiddelen toegevoegd. Ook ontstaat er afvalwater wat als nog gezuiverd moet worden.

Reiniging van bagger: In de tweede fase van het POSW onderzoek is aanvullend op de eerste fase gekeken naar bestaande thermische reinigingstechnieken. Bij thermische reiniging oftewel verhitting vind desorptie plaats oftewel het losmaken van de verontreinigende stoffen uit het te reinigen materiaal. Desorptie vindt ook plaats bij de inzet van oplosmiddelen (chemisch). Bij *thermische reiniging* zullen de verontreinigende stoffen

afhankelijk van de temperatuur en de toegepaste techniek voor een deel ontleden dan wel verbranden (oxideren) .

Er is in het bijzonder gekeken naar de zogenaamde draaitrommeloven (droog verhitten) die die al op bestaande grondreiniging installaties in Nederland in gebruik was. Scheiding vooraf is ongewenst omdat dat de aanwezigheid van zand het droogproces versneld. Ook was de conclusie dat door het niet scheiden van zand dit er meestal voor zorgt dat de totale concentratie aan metalen per volume-eenheid lager uitvalt en daardoor sneller toepasbaar is.
In het onderzoek is aangetoond dat bij verwerking van extreem vervuild uitgangsmateriaal waarbij veel PAK en olie aanwezig was van restproduct ontstaat waarin deze stoffen niet meer aangetoond worden. Zware metalen kunnen niet verwijderd worden middels thermische reiniging met uitzondering van kwik. Sommige zware metalen zullen na thermische behandeling minder uitlogen maar voor molybdeen, arseen en fluor geldt juist het tegenovergestelde. Daarom moet het materiaal voorafgaand aan de thermische verwerking slag voldoende aan de nuttige toepassingseisen. Oftewel aan de referentiewaarden van het besluit bodemkwaliteit. Ook bij thermische reiniging heeft men te maken met de lozing van afvalwater, een hoog energieverbruik en daarnaast ook een uitstoot naar de lucht.

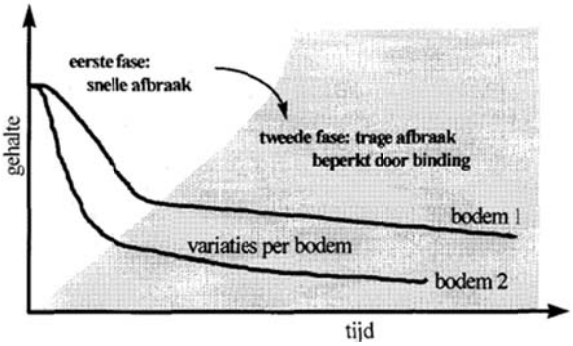
Binnen het onderzoek is ook praktijkervaring opgedaan met de zogenaamde *natte oxidatie* van bagger. Bij natte oxidatie wordt de natte bagger zonder voor ontwatering bij relatief lage temperaturen tussen de 200 en 300 graden Celsius verbrand door middel van het toevoegen van zuurstof. Het is maar een proef met één type materiaal geweest en daarom is destijds de aanbeveling gedaan om dit verder te onderzoeken. Voor het materiaal uit de proef is aangetoond dat natte oxidatie ervoor zorgt dat de hoeveelheid organische verontreiniging sterk wordt verminderd. Natte oxidatie was mogelijk in het VerTech procede waarbij een zogenaamde pijpreactor werd gebruikt.

Intermezzo: De Vartech-installatie -destijds nog Vertech geheten- werd begin jaren negentig door een aantal partijen gebouwd. Apeldoorn had er een wereldprimeur aan. In 1996 sloot afvalverwerker VAR een samenwerkingsovereenkomst met Slibverwerking Veluwe Beheer BV. Dat leidde er in 1998 toe dat VAR de totale installatie met de daarbij behorende verwerking overnam en Vartech een feit was. Vartech verwerkte slib dat achterblijft bij de zuivering van rioolwater. Het bedrijf verwierf faam met het zogeheten natte oxidatieproces. In dat proces werd slib in een buis twaalfhonderd meter de grond in gepompt. Vervolgens werd het met pure zuurstof verbrand, waarna er alleen as overbleef. In februari 2004 kwam er echter een kink in de kabel. De installatie werd getroffen door een storing. Als gevolg daarvan raakte de reactor op een diepte van 800 à 900 meter onherstelbaar beschadigd. Het gevolg was dat het slibverwerkingsproces direct moest worden stopgezet. VAR heeft de patenten en octrooien voor het natte oxidatiesysteem in bezit en heeft in tien jaar veel ervaring opgedaan. De techniek van het natte oxidatiesysteem is uniek. Dat verklaart ook meteen de kwetsbaarheid.

Op basis van de aanbevelingen uit POSW Fase 1 is ook de zogenaamde solventextractie onderzocht. Dit is een techniek, waarbij de aan het slib gebonden organische microverontreinigingen worden opgelost in een organisch oplosmiddel. Dit oplosmiddel moet enigszins met water mengbaar zijn onder specifieke omstandigheden. De beste mogelijkheden biedt een oplosmiddel die binnen een beperkt temperatuurstraject mengbaar is met water. Binnen het POSW onderzoek is een aceton-extractie ingezet als oplosmiddel. Na de extractie worden sediment en oplosmiddel met daarin de verontreinigende stoffen gescheiden en ten slotte wordt het oplosmiddel geregenereerd, bijvoorbeeld door destillatie. Het extractierendement hangt hierbij af van de oplosbaarheid van de verontreinigende stof in het gebruikte oplosmiddel, de wijze waarop de verontreinigingen aanwezig zijn in de baggerspecie en het contact tussen solvent en baggerspeciedeeltjes in het proces. Op het moment van het verschijnen van de POSW evaluatie waren er nog problemen bij het ontwerpen van de reactor en werd gesteld dat deze techniek pas op langere termijn

mogelijkheden biedt. Vanuit het buitenland, voornamelijk vanuit de Verenigde Staten, kwam informatie over restconcentraties bij deze techniek. Daaruit bleek dat de rest concentraties voor Nederlandse begrippen nog veel te hoog waren.

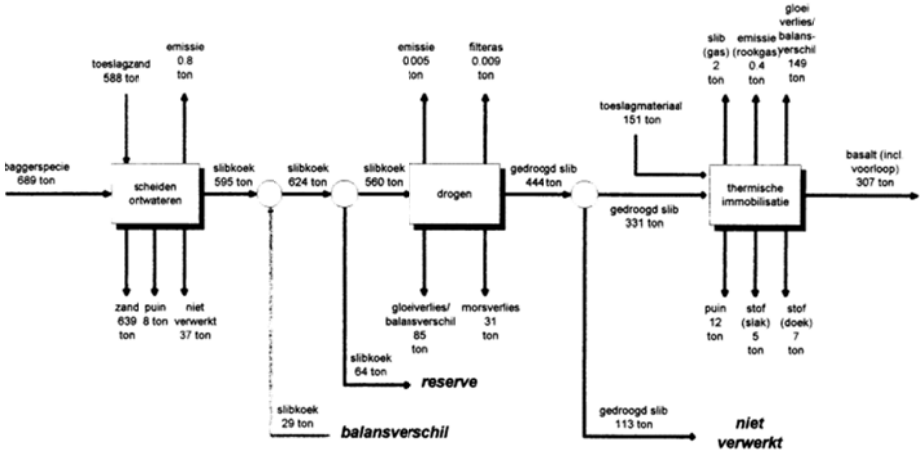
Bij *biologische reiniging* worden bacteriën of schimmels gebruikt voor de afbraak van organische verontreinigingen (met name olie en PAK en gechloreerde verbindingen). De micro-organismen kunnen deze verontreinigingen gebruiken voor hun energiehuishouding en groei, terwijl de baggerspecie daardoor schoon wordt. Een belangrijke conditie voor de afbraak, de aanwezigheid van zuurstof, bereikt men bij de technieken landfarming en kasfarming via uitspreiden en drogen; bij reiniging in reactoren gebeurt dat door mechanische beluchting. Metalen blijven in dezelfde mate aanwezig en worden niet afgebroken. Daarom is biologische reiniging geschikt voor organisch verontreinigde specie die wat betreft zware metalen reeds schoon genoeg is. Daarbij moet rekening worden gehouden met het feit dat de mobiliteit van zware metalen door biologische reiniging wat kan toenemen.



Figuur 10 Karakteristiek patroon van biologische reiniging

Een deel van de in de specie aanwezige organische verontreiniging zal goed beschikbaar zijn voor de organismen. Maar een ander deel van deze stoffen is echter veel sterker aan de sedimentmatrix gebonden en komt slechts langzaam voor afbraak beschikbaar. Daarom is bij biologische reiniging steeds een fase waarneembaar waarin snelle afbraak tot een bepaald niveau plaatsvindt. Daarop volgt een fase waarin de restconcentraties veel langzamer afnemen. Met name de olieconcentraties na de eerste fase vormen een knelpunt om het materiaal als bouwstof toe te passen. Vooraf kan in het laboratorium worden bepaald wat de haalbare restconcentraties zijn.

Immobilisatie: Binnen het tweede fase onderzoek zijn sinteren (smelten buitenste laag) en volledig smelten op grote schaal beproefd. Na de hydrocyclonage is de fijne reststroom ontwaterd met een zeefbandpers en tot droge pellets verwerkt. Deze pellets worden met eventuele toeslagstoffen in een oven gebracht. Bij sinteren ontstaat een soort grind, bij smelten ontstaat kunstbasalt of een glasachtig materiaal. De materialen zijn getest op sterkte en duurzaamheid en op uitloging op basis van het toen (1993) in concept zijnde Bouwstoffenbesluit (in 2008 vervangen door het Besluit Bodemkwaliteit). Het kunstbasalt stuurt redelijk tot goed op sterkte en duurzaamheid, op grond van de uitloogtesten bleek het een vrij toepasbaar bouwmateriaal te zijn. In de Nieuwe Merwede is bij Woudrichem daadwerkelijk 300 ton kunstbasalt van lokaal gewonnen bagger geproduceerd (vormgegeven en gebroken materiaal) volgens het schema in Figuur 11. De slibkoek is in Duitsland in smeltovens verwerkt.



Figuur 11 Massabalans kunstbasalt van baggerspecie

Het basalt voldeed destijds aan de gestelde uitloogeisen om als categorie 1-bouwstof conform het Bouwstoffenbesluit te worden toegepast. Categorie 1 bouwstoffen waren bouwmaterialen die geen van de samenstellings (S)- en immissiewaarden (I) van de verschillende parameters overschrijden. Ten opzichte van de oorspronkelijke specie is in het algemeen echter geen sprake van een significante afname van de uitloging, ondanks het feit dat een aantal verontreinigingen niet in de gevormde basalt maar in gegenereerde restfracties zijn geconcentreerd.

Samenstelling S en uitloogbaarheid U bij L/S=10 van uitgangsmateriaal, tussenproducten en eindproduct. Alle getallen in mg/kg ds

	Baggerspecie			Slibkoek			Gedroogd slib			Basalt		
	S_K	S_{HF}	U	S_K	S_{HF}	U	S_K	S_{HF}	U	S_K	S_{HF}	U
Arseen	140	130	0,82	170	170	0,15	133	168	2,34	<5	<5	0,09
Cadmium	15	11	< 0,002	18	16	0,10	13	17	0,004	<0,2	<0,1	<0,001
Chroom	350	360	0,21	410	490	0,17	288	420	0,45	140	430	0,22
Koper	240	240	0,07	320	310	0,16	225	313	2,84	95	220	0,26
Kwik	15,5	10	<0,0003	12,5	13,5	<0,0003	7	9	<0,0003	<0,1	<0,1	<0,003
Lood	410	320	<0,08	500	470	0,13	390	455	<0,05	24	6	0,094
Zink	1800	1600	0,94	2000	2100	24,4	1500	2075	0,17	270	700	0,56
PAK (10 VROM)	72		0,012	77		<0,0003	81		0,0001	<0,25	0,25	<0,0003

S_K: Standaard ontsluiting van metalen met koningswater (HCl/HNO_3)
S_{HF}: Intensieve ontsluiting van metalen met HF

Er is op kleine schaal grind (Ecogrind) gemaakt op basis van sinteren. Op grond van de uitloogtesten bleek het vrij toepasbaar alleen was soms de uitloging van arseen te groot. Uiteindelijk is de productie van Ecogrind mislukt. Dit had vooral te maken met het feit dat op basis van onder andere de Vierde Nota waterhuishouding het storten van bagger in depots financieel aantrekkelijker was. De aanvoer van bagger voor het produceren van Ecogrind bleef uit.

Biologische reiniging middels *landfarming* gebeurd door de baggerspecie in de buitenlucht op percelen uit te spreiden. Het is daarbij gunstig bagger te gebruiken met een redelijk zandgehalte om een goede structuur te verkrijgen die leidt tot snelle drainage en indringing van zuurstof. Na een periode van ontwatering en rijping (structuurvorming) is voldoende lucht in de specie aanwezig voor biologische activiteit. Bij intensieve landfarming wordt de zuurstofvoorziening optimaal gehouden door regelmatig ploegen. Bij extensieve landfarming bevordert men de zuurstofvoorziening hooguit door middel van beplanting. Intensieve landfarming zal met name in de eerste fase van biologische behandeling de afbraak sterk bevorderen omdat zuurstof dan nog de afbraak-beperkende factor is. In de tweede fase hangt de afbraak af van het beschikbaar komen van de af te breken stoffen en ligt een overstap op extensieve landfarming voor de hand.

Intensieve landfarming kent verblijftijden die liggen tussen de 1,5 en 2,5 jaar voor de eerste afbraakfase. Afhankelijk van de specie wordt 25 - 92% van de aanwezige PAK en 60 - 80% van de olie verwijderd. POSW-proeven met verschillende species hebben veel inzicht opgeleverd in praktische aspecten, bijvoorbeeld wat betreft de timing van het proces ten opzichte van de seizoenen en de inrichting van percelen. Extensieve Landfarming in de tweede landfarmfase is erop gericht ook de restconcentraties van organische stoffen te verwijderen door voldoende tijd uit te trekken voor het beschikbaar komen (diffusie) van verontreinigingen uit het sediment. De specie wordt in veel dikkere lagen op de terreinen gelegd, beplant en zonder enige inspanning in vijf tot vijftien jaar extensief gereinigd. In een vierjarig project is aangetoond dat dit concept werkbaar is.

Kasfarming, biologische reiniging in kassen, is te zien als een vorm van landfarming onder meer controleerbare omstandigheden. Aannemers gebruiken deze techniek om zandige, oliehoudende (land)bodems te reinigen. Omdat specie echter veel natter en fijner van structuur is, zijn aanpassingen nodig. Zonder meer zijn ontwateren en structuurvorming vooraf (rijping op buitenpercelen) een voorwaarde. Indirecte kasfarming gaat uit van zo'n voorafgaande ontwatering en rijping buiten de kas. Bij de afbraak in de kas blijkt dat in drie maanden een zelfde reinigingsresultaat (olie en PAK) bereikbaar, als in een jaar in de open lucht. Toepassen van indirecte kasfarming in de koudere seizoenen kan logistiek gunstig zijn voor de capaciteit in de intensieve landfarming. Beluchting en verwarmen zonder voorbehandeling (directe kasfarming) bleek destijds niet kosteneffectief te zijn.

Bij reiniging in reactoren wordt de bagger in tanks behandeld onder voortdurende beweging en beluchting. De bagger kan in batches of in een continue procesvoering gereinigd worden. In het POSW onderzoek fase 2 zijn verschillende bioreactoren met een volume van enkele kubieke meters getest en als inzetbaar beoordeeld. Het gaat om het Slurry Decontamination Process (SDP; continu systeem) en het Beluchtingsbassin (batch systeem). Het beluchtingsbassin is geschikt voor behandeling van fijne fracties uit hydrocyclonage. SDP is geschikt voor behandeling van zowel ongescheiden bagger als gescheiden bagger. Over het algemeen zijn reactoren duurder dan landfarming, maar daartegenover weer sneller. De verblijftijden in reactoren zijn een factor vier tot tien korter dan bij landfarming. In deze kortere periode worden dezelfde afbraakprestaties behaald. De kosten zullen afnemen bij opschaling van de installaties en commercialisatie van de markt.

In onderstaande schema worden de resultaten van de POSW studies in een tabel samengevat.

Techniek	Type	Status (1997)	Toepassing
Model Fast	Onderzoek	Commercieel beschikbaar	Hulpmiddel bij het opzetten van een kosteneffectief water-bodemonderzoek
Röntgenfluoriscentiespectrometrie (XREF)	Onderzoek	Commercieel beschikbaar	Snelle screening in het veld (in loco) van zware metalen
Magnetron methode Laserdiffractiemethode Nabij infrarood spectrometrie	Onderzoek	Commercieel beschikbaar	Snel (in loco) verkrijgen van een beeld van de specie-samenstelling, afhankelijk van de techniek: droge stofgehalte, lutum- en slibfractie, organische stof, korrelgrootteverdeling, calciet en dichtheid)
Seismisch onderzoek	Onderzoek	Commercieel beschikbaar	Aanvullende rol bij het bepalen van het bodemprofiel in het locatie-onderzoek. Nog niet geschikt voor in kaart brengen van grove verontreinigingen.
T-2000 geschiktheidsproef VROM	Onderzoek	Gereed en toepasbaar	uitgebreide karakterisatie van de bagger ten behoeve van bepaling scheidingspunten bij fractiescheiding
Milieuschijfcutter	Uitvoering	Commercieel beschikbaar	Grote nauwkeurigheid in de uitvoering van het baggerwerk.
Opstroomklasseerders en hydrocyclonen	Behandeling	Commercieel beschikbaar	Scheiding van zandige specie op deeltjesgrootte (winning nuttige schone fracties en concentratie van verontreiniging in reststroom)
Flotatie	Behandeling	Commercieel beschikbaar	Polishing van zandige fracties na scheiding
Zeefbandpers	Behandeling	Commercieel beschikbaar	Intensief ontwateren van de fijne reststromen na scheiding
Thermische reiniging in een draaitrommeloven	Behandeling	Commercieel beschikbaar voor grond. In principe ook geschikt voor reiniging van bagger	Verwijderen organische verontreiniging
Natte Oxidatie VerTech proces	Behandeling	Sinds 2004 niet meer beschikbaar	verminderen organische verontreiniging van de fijne residustromen na zandafscheiding
Landfarming en kasfarming	Behandeling	Commercieel beschikbaar	Verminderen organische verontreiniging bij voldoende zandige specie

Reactoren	Behandeling	Opgeschaald tot semi-praktijk	Verminderen organische verontreinigingen in de reststroom na zandscheiding
Thermisch immobiliseren (sinteren en smelten)	Behandeling	Ervaring aanwezig, niet commercieel beschikbaar	verwijderen en verbranden organische stoffen in residustromen na zandafscheiding. Zware metalen worden in het product vastgelegd of worden tijdens het proces afgevangen

2. Projectbureau Hergebruik Baggerspecie (PHB)

Het PHB, ondergebracht bij Rijkswaterstaat Dienst Weg- en Waterbouwkunde, had de taak voorstellen te doen voor commerciële, technische, milieuhygiënische en kansrijke toepassingsmogelijkheden van (onbewerkte baggerspecie. Het overheidsbeleid maakt een onderscheid tussen de verwerking van verontreinigde baggerspecie (POSW en PHB) en het hergebruik van baggerspecie gericht op de gehele baggerstroom (PHB). De taken van PHB hadden betrekking op zowel verwerking als hergebruik. Kennis wordt verzameld, opgedaan en overgedragen. In het werk zoekt het bureau nauwe samenwerking met de betrokken partijen. PHB heeft haar activiteiten gegroepeerd in de volgende deelprojecten:

Binnen het project "Zand uit baggerspecie" is de inzetbaarheid van diverse scheidingstechnieken, zoals natuurlijke sedimentatie en hydrocyclonage, nagegaan. Het PHB heeft in diverse proefprojecten geparticipeerd, zoals de scheidingsproeven van de regionale directie Oost-Nederland van Rijkswaterstaat en de sanering van een tweetal watergangen van het waterschap Regge en Dinkel. Ook worden de commerciële en milieutechnische haalbaarheid van zandscheiding in kaart gebracht. Zo heeft PHB studies laten uitvoeren ter optimalisatie van zandscheiding met behulp van natuurlijke sedimentatie. Daarnaast heeft het projectbureau bijgedragen aan het concretiseren van regionale zandscheidingsinstallaties, waarbij PHB een stimulerende en initiërende rol had.

In het project "Klei uit baggerspecie" is gekeken naar de mogelijkheid om baggerspecie te laten rijpen tot klei en naar de toepassingsmogelijkheden van deze klei in de GWW-sector. Dit deelproject is onderverdeeld in de volgende twee clusters:

1. Het rijpen van baggerspecie tot klei:
   - fysische aspecten rijping: welke fysische processen spelen zich af tijdens het rijpen van baggerspecie tot klei en hoe zijn deze (eventueel) te optimaliseren?
   - chemische aspecten rijping: welke chemische aspecten spelen een rol tijdens het rijpen en hoe kunnen deze (eventueel) beïnvloed worden, zodat een binnen het toenmalige Bouwstoffenbesluit toepasbaar product ontstaat?
   - biologische aspecten: welke biologische processen spelen een rol en hoe hangen deze samen met de fysische en chemische aspecten?
   - algemene aspecten van rijping.

2. Het toepassen van de klei uit baggerspecie:
   - civiel- en milieutechnische eisen: aan welke civieltechnische eisen moet de klei voldoen voor toepassing in de GWW sector en welke eisen stelt de milieuregelgeving aan deze toepassing?
   - stimulering afzet gerijpte baggerspecie: wat zijn de afzetmogelijkheden voor klei uit baggerspecie en de financieel-economische betekenis hiervan?

- In sommige gevallen kan baggerspecie direct (onbehandeld) toegepast worden. Deze vorm van hergebruik leek destijds zeer veel potentie te hebben, niet in de laatste plaats vanwege de lage kosten.

De onderstaande rapporten zijn getraceerd en geven de resultaten weer van de diverse deelprojecten van het Projectbureau Hergebruik Baggerspecie. :

Diversen:
- 1994 Aanbod zandige onderhoudsbaggerspecie
- 1994 Hergebruik van baggerspecie zandwinning met behulp van scheidingstechnieken
- 1994 Scheiding van baggerspecie door opspuiting in depot deel 1
- 1994 Scheiding van baggerspecie door opspuiting in depot deel 2
- 1995 Cursus aanpak van vervuilde waterbodems
- 1995 Cursus secundaire materialen in de civiele techniek
- 1996 Draaiboek voor de monitoring van scheidingsbekkens met achtergronden en monitoringsschema's

Over klei:
- 1995 Klei uit baggerspecie deel 1 inventarisatie oude rijpingskennis
- 1996 klei uit-baggerspecie deel 2 chemische aspecten bij het rijpen en nuttig toepassen
- 1996 Klei uit baggerspecie deel 3 literatuurstudie klei in wegophogingen
- 1996 Klei uit baggerspecie deel 4 marktverkenning gerijpte klei basis toekomstige marktstrategie
- 1997 Klei uit baggerspecie deel 5 inventarisatie rijpingskennis in het buitenland
- 1997 Klei uit baggerspecie deel 6 Toepassingsmogelijkheden hergebruik van gerijpte baggerspecie
- 1997 Toepassing van klei uit baggerspecie onderzoek proefophoging Slufter deel 1
- 1997 Toepassing van klei uit baggerspecie onderzoek proefophoging Slufter deel 2
- 1997 Toepassing van klei uit baggerspecie onderzoek proefophoging Slufter deel 3

Over milieuhygiënisch rijping
- 1996 Milieuhygiënisch onderzoek baggerspecie rijpingsvelden Slufter deel 1
- 1996 Milieuhygiënisch onderzoek baggerspecie rijpingsvelden Slufter deel 2

Over zand:
- 1994 Zand uit baggerspecie plan van aanpak voor de uitvoering van proefprojecten
- 1995 Zand uit baggerspecie kwaliteitsverklaringen informatie- en strategiedocument
- 1995 Zand uit baggerspecie kwaliteitsverklaringen
- 1995 Zand uit baggerspecie welke vergunningen voor zandscheiding
- 1998 Zand uit baggerspecie deel 3 aanpak regionale zandscheiding
- 1996 Zand uit baggerspecie deel 6 kennisinventarisatie depotscheiding
- 1995 Zand uit baggerspecie deel 7 scheidingsproef directie Oost-Nederland Deel 1
- 1995 Zand uit baggerspecie deel 7 scheidingsproef directie Oost-Nederland Deel 2
- 1996 Zand uit baggerspecie deel 8 evaluatie verbetering Midden-Regge en Bornsebeek
- 1996 Zand uit baggerspecie deel 9 algemene handleiding depotscheiding
- 1996 Zand uit baggerspecie deel 10 evaluatie project het Spaarne gemeente Haarlem
- 1998 Zand uit baggerspecie deel 11 uitvoeringsplan Rijkswaterstaat

Over direct toepassing:

- 1997 Directe toepassing van baggerspecie deel 1 wet- en regelgeving
- 1997 Directe toepassing van baggerspecie deel 2 raamwerk, monitoringsplan, toepassen
- 1997 Haalbaarheidsstudie grootschalige verwerking baggerspecie eindrapport fase 2#

Over baggerrijping

- 1998 Baggerspecie rijp voor rijping deel 1
- 1998 Baggerspecie rijp voor rijping deel 2

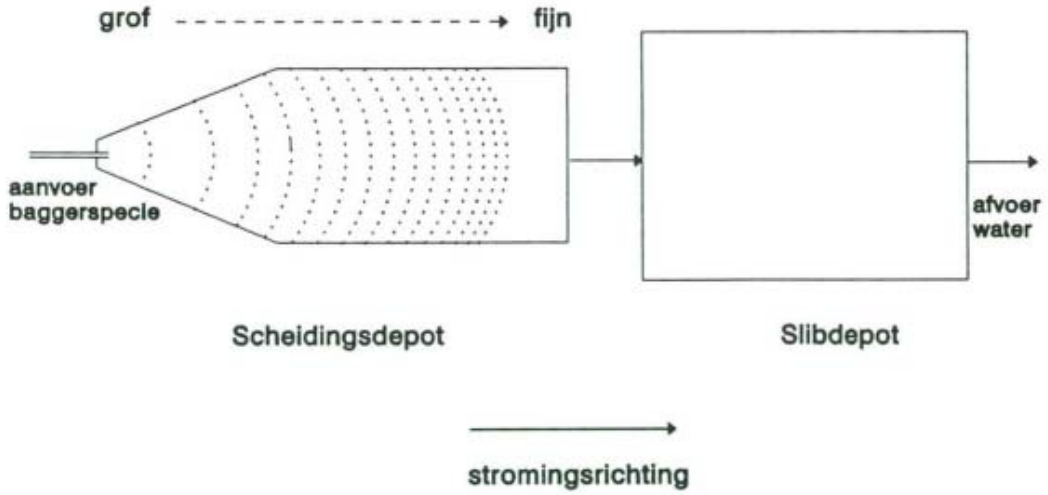
Uit bovenstaande rapporten is in aanvulling op het POSW onderzoek in het bijzonder aanvullende aandacht besteed aan sedimentatiebekkens en rijping. Op de website www.bodemrichtlijn.nl zijn deze onderzoeken samengevat in de zogenaamde factsheets over sedimentatiebekkens en rijping.

2.1. Sedimentatiebekkens (zand)

Bij scheiding van baggerspecie in sedimentatiebekkens wordt de zandfractie uit verontreinigde baggerspecie afgescheiden. Hierbij wordt gebruik gemaakt van het verschil in sedimentatiegedrag tussen grove zware (zand) deeltjes en fijne lichte (slib) deeltjes en van het gegeven dat verontreinigingen zich meestal hechten aan de slibfractie (lutum en organische stof). Door de grove en de fijne deeltjes van elkaar te scheiden kan een relatief schone zandfractie worden geproduceerd. Scheiding door opspuiting in sedimentatiebekkens is geschikt voor zowel baggerspecie als droge bodems. Door het principe van scheiding is deze techniek alleen geschikt voor baggerspecie en grond waarvan de verontreinigingen in de fijne fractie kunnen worden geconcentreerd en waarin voldoende zand aanwezig is voor een zinvolle scheiding tussen de zand- en slibfractie. Door een juist ontwerp van het sedimentatiebekken en een juiste procesvoering zal in het bekken voornamelijk herbruikbaar zand sedimenteren. De verontreinigde slibfractie wordt uit het sedimentatiebekken gespoeld om vervolgens in een slibdepot te bezinken.

In het baggerdepot Hollandsch Diep alsook het IJsseloog is een zandscheidingsbekken gebouwd ten behoeve van de wettelijke zandscheiding bij een zandgehalte groter of gelijk aan 60%.

Baggerspecie wordt als een slurry in een scheidingsbekken gespoten. Het bekken is rechthoekig van vorm, met aan de influentzijde en effluentzijde afgeronde/tapse vormen. De bodem van het bekken ligt onder afschot. Bij het opspuiten stroomt de slurry naar de effluentzijde van het bekken, waarbij deeltjes zullen bezinken/sedimenteren. De zware deeltjes sedimenteren sneller dan de lichtere deeltjes. Dicht bij de spuitmond zullen hierdoor vooral de zwaardere delen bezin ken. Verder van de spuitmond bezin ken de fijnere delen. Hierdoor ontstaat een deeltjesgroottegradiënt in het depot van delen die snel sedimenteren als grind, puin en zand naar delen die in verhouding trager sedimenteren zoals klei en organische stof. In onderstaande Figuur 12 is dit schematisch weergegeven.



Figuur 12 Schematische weergave sedimentatiebekken

2.2. Rijping (klei)

Rijping is een natuurlijk proces, waarbij de grotendeels anaërobe baggerspecie door indrogen en oxidatie overgaat in een compacter, meer geaëreerd en doorlatender materiaal. De baggerspecie verandert door dit proces geleidelijk van een natte slurrie in een steekvaste (klei)grond. Het volume wordt, afhankelijk van het begin droge-stofgehalte en de fysische samenstelling, met 30 tot 50% gereduceerd. Rijping is een onomkeerbaar proces, dat wil zeggen dat het materiaal niet meer terugkeert in de oorspronkelijke toestand na herbevochtiging. Het doel van rijping van baggerspecie is het verkrijgen van een milieuhygiënisch aanvaardbaar product (dat voldoet aan de Maximale Waarden voor toepassing op landbodem of in oppervlaktewater op grond van het Besluit bodemkwaliteit) dat toepasbaar is bij civieltechnische werken zoals de aanleg van geluidswallen, dijken, wegen en dergelijke.

Het rijpingsproces kan globaal worden onderverdeeld in drie deelprocessen:

- fysische rijping: afname van het watergehalte waardoor aëratie en inklinking van het sediment optreedt;
- chemische rijping: verandering van de chemische samenstelling als gevolg van oxidatieve omzettingen;
- (micro)biologische rijping: toename en verandering van de samenstelling van het biologisch leven en de invloed daarvan op de chemische samenstelling door de microbiële afbraak van stoffen.

De processen van fysische, chemische en (micro)biologische rijping vormen een samenhangend geheel. Chemische processen kunnen op gang komen op het moment dat het sediment voldoende zuurstof bevat. Bij rijping kan onderscheid worden gemaakt in natuurlijke ontwatering (zandrijke specie), rijping op de kant (matig zandige of slibrijke specie) en rijping in een depot (matig zandige of slibrijke specie).

3. Literatuur vanaf 2004

Het opvallende van bodemrichtlijn.nl is dat de literatuur over het verwerken van baggerspecie zo rond de eeuwwisseling opdroogt. Vanaf 2000 wordt nog aan de onderstaande documenten gerefereerd waar in veel gevallen niet direct nieuwe technieken worden getoond, behalve bij de praktijkproef fytoremediëring uit 2000. Het betrof experimenteel onderzoek naar het gebruik van planten voor kwaliteitsverbetering van verontreinigde grond en baggerspecie.

2000 Onderzoeksstrategie bij verkennend onderzoek NVN5720; NNI;.
2000 PGBO-project 98-32: Praktijkproef fytoremediëring, DLO, 1999 – 2000.
2002 Richtlijn Nader onderzoek Waterbodems; AKWA/RIZA-nota 2001.052;.
2003 Nationaal Bestuursaccoord Water; V&W / IPO/ VNG / UvW;.
2004 Asbest Monsterneming en analyse van asbest in waterbodem en baggerspecie NTA5727; NNI;.
2004 Handreiking verspreiding en toepassing van bagger; project bagger en bodem.
2004 Maatschappelijk Kosten-Baten Analyse Waterbodems; AKWA
2004 Minimale VerwerkingsStandaard; VROM; TK 2003/04 200 XI, nr.90.
2004 Programmering en Monitoring Tienjarenscenario Waterbodems, Tussentijdse monitoring 2002-2003
2005 Kabinetsstandpunt waterbodems; 8 juli 2005.
2005 Saneren we goed?; AKWA-WAU;.
2005 Water in beeld; Riza;.
2006 BRL 9335; Nationale beoordelingsrichtlijn
2006 Herziene Wet bodembescherming; VROM; 1-1-2006.
2006 Landelijke waterbodemopgave: bestandsopname 2005; AKWA rapport nr 05.010.

3.1. Fytoremediatie

Het rapport over fytoremediëring beschrijft de opzet en resultaten van drie multidisciplinaire fytoremediëringsonderzoeken, waarbij is gekeken naar de effecten van de behandelingen op de bodemmicro- en mesofauna. Op grond van het onderzoek wordt geconcludeerd, dat fyto-extractie van lage gehalten Cadmium en Zink door gewassen met een hoge drogestofproductie, ondanks de toevoeging van een complexvormer, niet haalbaar lijkt. Het is duur, het duurt te lang en er is daarnaast een sterk verhoogde kans is op uitspoeling van zware metalen. Aanzuring met citroenzuur heeft geen positief effect. Een tweede onderzoek betrof het beheer en de remediering van heterogeen met PAK verontreinigde zandgrond door revegetatie (luzerne, gras en een kruidenmengsel). Op grond van de eerste resultaten wordt aanbevolen om dergelijke grond voor inzaai te homogeniseren om een goede wortelontwikkeling te verkrijgen. PAK afbraak is in de korte duur van het experiment nog niet vastgesteld. Een derde potonderzoek betreft de stimulering van de afbraak van PAK en minerale olie in twee gerijpte baggerspecies (Wemeldinge en Petroleumhaven) gedurende de extensieve fase van landfarming door planten (luzerne en gras). Ook in dit geval is nog geen verdere PAK-afbraak vastgesteld. HIER NOG CHECK MET ONDEROZEKEN JOOP HARMSEN

3.2. Bouwen met baggerspecie dagelijkse praktijk

Bodemrichtlijn.nl verwijst bij het onderdeel ‘bestemmen van baggerspecie en producten; soorten producten uit bagger’ specifiek naar het boekje uit 2004 van Rijkswaterstaat met de titel: bouwen met baggerspecie dagelijkse praktijk.

Het boekje is door Rijkswaterstaat opgesteld en geeft een overzicht van praktijkvoorbeelden van de diverse verwerkingsmethoden voor baggerspecie. Daarnaast laat het bouwmaterialen en bouwwerken zien waar baggerspecie succesvol is toegepast. Er is een duidelijke overlap te zien met de praktijkproeven uit het POSW en PHB programma.

Bouwmaterialen uit baggerspecie zijn verdeeld in**:**

- Ontwateren, rijpen en landfarmen van baggerspecie tot klei en grond
- Zandscheiden uit baggerspecie
- Koude immobilisatie van bagger met cement immobilisaat en licht gebonden stabilisaat
- Thermische immobilisatie tot kunstgrind, bakstenen, kunstbasalt en granulaat.

Voor het vervaardigen van bouwmaterialen uit baggerspecie is in alle projecten het protocol 7511 toegepast. Een nieuwe techniek die voor het eerst in het boekje aan bod komt is het gebruik van **geotextiele tubes**. Dit zijn langwerpige 'worsten' van waterdoorlaten maar gronddicht geotextiel. De afmetingen zijn op maat te maken en variëren qua lengte tussen de 10 en 50 meter en qua omtrek tussen de 3 en 30 meter. Baggerspecie wordt via een aantal vulopeningen rechtstreeks in de tubes gepompt. Het water gaat vervolgens via het doorlatende doek dat hierbij twee functies vervult: het is een filterdoek (scheiding van water en sediment) en tevens een steundoek (bijeen houden van de slappe specie). Als de tube met hydraulische gebaggerd materiaal wordt gevuld, wordt door toediening van een flocculant de ontwatering versneld. Steeds vaker worden de tubes met mechanisch gebaggerde specie gevuld via een betonpomp. Hierdoor kan de baggertube in een civieltechnische constructie worden verwerkt als een bouwelement in de vorm van een gewapende grondconstructie. Nadat de specie voldoende ontwaterd worden tubes soms opengesneden.

Het boekje van Rijkswaterstaat geeft onderstaande ervaringsoverzicht van bouwwerken met bouwmaterialen uit baggerspecie:

Type bouwwerk	**Locatie**	**Type bouwmateriaal uit baggerspecie**
Wegophoging	A5, Hoofddorp	Gerijpte klei uit baggerspecie
	A50, Veghel	Gerijpte klei uit baggerspecie
Terrein ophogingen en geluidswallen	Rotterdam (opvulling vijvers)	Zand uit zandscheiding sedimentatiebekkens Slufter
	Leiderdorp	Gerijpte bagger uit gemeentelijke watergangen voor ophoging van een begraafplaats
	Oost-Souburg	Geluidswallen van gerijpte baggerspecie
	Beuningen	Geluidswallen van gerijpte baggerspecie
	Groningen	Aanleg van een nieuwe wierde in Groningen met gerijpte baggerspecie
Zandbed in wegen	Valleikanaal	Zand uit zandscheiding middels hydrocyclonage
	Buitenhuizen	Zand uit zandscheiding middels hydrocyclonage
	Voorne	Zand uit zandscheiding middels sedimentatiebekkens Slufter
	Scharnegoutum	Zand uit zandscheiding middels sedimentatiebekkens IJsseloog
Droge natuur en recreatie	Enkhuizen (ophoging in recreatiebos)	Gerijpte lokaal beschikbare bagger Aan de bagger zijn maaisel en compost toegevoegd om het effect op de immobilisatie van sulfaat te meten. Beiden hadden een gunstig effect.
	’t Wierholt (ophoging recreatiebos)	Gerijpte lokaal beschikbare bagger

	Sassenheim (leeflaag en geluidswal)	Gerijpte lokaal beschikbare bagger
	Friesland (herinrichting recreatiegebied)	Gerijpte lokaal beschikbare bagger
Natte natuur en recreatie	IJsselmonding	Ontwaterde en gerijpte zandige en kleiige bagger De specie is gewonnen in door het gebied lopende geulen.
	Randmeren	Ontwatering en rijping van zandige en kleiige bagger
Afdekken Stortplaatsen	Nauerna	Gerijpte baggerspecie
	Schoteroog	Gerijpte baggerspecie
	Ilperveld	Gerijpte baggerspecie
	Cromstrijen	Gerijpte baggerspecie
	Gelderland	Rijpen en zandscheiden met sedimentatiebekkens en hydrocyclonen. Puin en grind is afgescheiden en gebruikt voor onttrekking stortgas
Dijken en zeeweringen	Hoek van Holland	Speciaal mengsel van gerijpte klei en gescheiden zand (hydrocyclonage) uit baggerspecie van het Hoogheemraadschap van Delfland
	Streefkerk	Gerijpte klei uit baggerspecie
	Maasvlakte	Zand uit zandscheiding middels sedimentatiebekkens Slufter
Dijkbekleding	Woudrichem	Kunstbasalt middels thermische immobilisatie
Oevers en kaden	Friesland	Gerijpte baggerspecie
	Oostwoud	Gerijpte baggerspecie
	Den Bosch	Ontwaterde en gestabiliseerde bagger in permanente geotextiele tubes
	Loosdrecht	Ontwaterde en gestabiliseerde bagger in permanente geotextiele tubes
	Woerden	Ontwaterde bagger middels geotextiele tubes
Wegfundering	Groningen	Koud geïmmobiliseerd mengsel met bagger (combinatie van 25% bagger, 60% rioolzand en 15% cement)
	Goes	Koud geïmmobiliseerde (cement) bagger
	’t Wierholt	Koud geïmmobiliseerde (cement) bagger
Utiliteitsbouw	Hoek van Holland	Bakstenen uit thermisch geïmmobiliseerd mengsel van gerijpte kleiige baggerspecie en rivierklei
	Hamburg	Bakstenen uit thermisch geïmmobiliseerd mengsel van gerijpte baggerspecie en 30% natuurklei
	Beverwijk	Bakstenen uit thermisch geïmmobiliseerde gerijpte kleiige baggerspecie

3.3. VITO

Ook in België is de aandacht voor hergebruik van baggerspecie toegenomen. Daar zijn de onderstaande rapporten opgesteld door het Vlaams Kenniscentrum voor Beste Beschikbare Technieken (VITO):

- 2005 Best beschikbare technieken verwerken bagger
- 2007 Inzet van bagger en ruimingsspecie ter vervanging van primaire grondstoffen in Vlaanderen
- 2010 onderzoek afzetmarkt baggerspecie

In de rapporten worden de onderstaande verwerkingstechnieken benoemd en zijn daarmee grotendeels samenvattingen van de Nederlandse POSW en PHB onderzoeken:

1. Ontwateren middels ontwateringsdepots, mechanisch ontwateren (zeefbandpers en kamerfilterpers) en geotextiele tubes
2. Zandscheiding middels Scheidingsbekkens, mechanisch scheiden middels hydrocyclonage
3. Landfarming
4. Thermische desorptie
5. Immobilisatie middels koude immobilisatie, Thermische immobilisatie (grind en bakstenen.
6. Storten

Van de 2 miljoen ton droge stof die jaarlijks in Vlaanderen gebaggerd moet worden voldoet 23% aan de normen voor hergebruik als bodem (grond) en 59% voor hergebruik als bouwstof. Van de specie die niet voldoet aan de normen voor hergebruik als bodem bevat ruim 60 % van de specie meer dan 60% zand en komt daarmee in aanmerking voor zandscheiding. Het overgrote deel van dit zand is alleen geschikt als vulzand of ophoogzand vanwege de fijne korrelgrootte. Door het scheidingspunt van de hydrocyclonen te beinvloeden kan mogelijk een deel van dit zand gescheiden worden in een fractie die voldoet aan de eisen voor bouwzand. Onderstaande tabel geeft de indicatieve waarden weer voor de hergebruiksmogelijkheden van bagger- en ruimingsspecie in Vlaanderen.

	situatie 2004-6 (in tds) gebaseerd op gebruikscertificaten	Jaarlijks te baggeren (in tds) prognose
gebaggerde specie/jaar	1.334.500	2.000.000
Hergebruik als bodem	243.000 (18%)	460.000 (23%)
Totaal hergebruik	397.000 (30%)	1.640.000 (82%)
Zandrijke specie (> norm bodem) (raming 60% specie met ≥ 60% zand) zandfractie vanuit specie met ≥ 60% zand (scheiding met 90% rendement)		920.000 (specie met ≥ 60 % zand, en > norm bodem) 550.000 (60 % van 920.000)
Zandfractie (ophoogzand)	50.000	550.000
Zandfractie (bouwzand)	20.000	een deel van het ophoogzand kan vermoedelijk opgewerkt worden tot bouwzand

In het VITO rapport uit 2010 zijn de onderstaande rapporten van Deltares als literatuur genoemd:

- 2009 Technologie scan versneld ophogen met baggerspecie.
- 2009 Bagger anders bekeken, beter benut

Voorafgaand aan bovenstaande rapporten heeft Deltares samen met TNO het onderstaande rapport opgesteld:

- 2008 De toepassing van baggerspecie van technology push naar co-creatie

3.4. Van technology push naar co-creatie

Voor het project 'van technology push naar co-creatie' zijn een aantal technische projecten en meer interactieve projecten gericht op het toepassen van bagger de succes- en faalfactoren geïnventariseerd. Deze succes- en faalfactoren zijn naast inzichten uit de innovatie literatuur gelegd. Ook is in het document globaal ingegaan op de technische aspecten van diverse verwerkingstechnieken. Er zijn in het rapport de volgende verwerkingstechnieken benoemd:

- Zandscheiding
- Kleirijping
- Koude immobilisatie
- Thermische Immobilisatie.

Per techniek zijn een aantal voorbeeldprojecten genoemd die allemaal terug te vinden zijn in het eerder beschreven boekje uit 2004 van Rijkswaterstaat 'bouwen met baggerspecie dagelijkse praktijk'. De conclusie van Deltares is dat zandscheiding op relatief grote schaal plaatsvindt, gestimuleerd door de wettelijke verplichting om zand met een gehalte vanaf 60% te scheiden. Ook kleirijping wordt ingezet, waarna de klei in niet-constructieve ophogingen zoals terreinophogingen en het afdekken van stortplaatsen wordt ingezet. De toepassing als constructief ophoogmateriaal is blijven steken in de proefprojecten A5 en A50.
Koude immobilisatie vindt op zeer kleine schaal plaats. Thermische immobilisatie is niet meer operationeel vanwege de combinatie van grote investeringen en de onzekerheden in het baggeraanbod.

3.5. Bagger anders bekeken, beter benut

In het rapport 'Bagger anders bekeken, beter benut' van Deltares uit 2009 wordt vooral de focus gelegd op potentiele toepassingen op basis van voorbeeldprojecten in Nederland. Het ophogen van veenweidegebieden om bodemdaling tegen te gaan is een nieuwe toepassing en daarom dikgedrukt weergegeven:

- **Ophogen van veenweidegebieden met lokaal beschikbare veenbagger als vruchtbare grond en om de oxidatie van veen, en daarmee bodemdaling, te remmen. Friesland.**
- Oeververstersterking met geotextiele tubes. Zutphen.
- Bouwrijpmaken nieuwbouwwijk door ophoging met bagger. Zuidplaspolder
- Verbreden van polderkades met gerijpte bagggerspecie. Rijnland
- Afdekken oude en verontreinigde baggerdepots schonere bagger. Hamburg
- Dempen havenbekken met baggerspecie die achter nieuw geplaatste damwand is gepompt. Daar is de bagger versneld ontwatert door de inzet van verticale drainage. Bremen
- Opvullen van diepe zandwinputten. Gameren

3.6. Technologie scan versneld ophogen met baggerspecie

In de 'Technologie scan versneld ophogen met baggerspecie' van Deltares, ook uit 2009 wordt een state of the art overzicht gegeven van de in 2009 beschikbare technieken om sneller te kunnen bouwen met baggerspecie. Juist omdat dit tijdsaspect als belemmering door de toepassers wordt ervaren. Het rapport maakt onderscheidt gemaakt tussen toepassingen in de natte en in de droge omgeving. Ook wordt een overzicht gegeven van innovatieve methodieken. In de scan wordt geconcludeerd dat er de laatste jaren weinig nieuwe methoden zijn ontwikkeld om baggerspecie toe te passen. Nieuwe technieken zijn opnieuw dikgedrukt weergegeven.

- **Salimatten**
- **Toemaak**
- Zandscheiding
- Natuurlijke ontwatering in depot
- Mechanische ontwatering middels de zeefbandpers, kamerfilterpers, drumfilters, vacuümbandfilter en (decanteer)centrifuges.
- Toepassing van geotextiele tubes in combinatie met vlokmiddel
- **Baleen rds technologie**
- Rijping en Landfarming
- **Rijping middels temperatuurverhoging**
- **Rijping middels toevoegen van kalk**
- **Koude immobilisatie/stabilisatie**
- Thermische immobilisatie
- **Onderhogen met bagger**
- **Rietmatten als fundering**
- **Versterkte baggerspecie**
- Terpen van baggerspecie
- Vullen van diepe zandwinputten

3.6.1. Salimatten

Nieuw ten opzichte van de reeds bekende technieken is de vermelding van salimatten. In 1994 is in Gent onderzoek gedaan naar de inzet van het zogenaamde salimatprocedé. Daarbij is de focus dat een slibdepot zonder draagkracht wordt beplant met wilgentenen. In 1999 heeft de AKWA een rapport uitgebracht van een Proefproject met Salimatten in Nederland. Door het project is inzicht verkregen in het Salimatprocedé. Het uitrollen van de matten vereist enige handigheid van de aannemer. De kosten van de matten waren hoog ten opzichte van wilgenstekmateriaal. Geconstateerd werd dat de wilgen niet aansloegen op de zandige delen, op de gedeeltes zonder slib, en op de plaatsen waar de matten dieper (ca. 20 cm) in de bagger waren weggezakt. De afstand tussen de wilgentenen in de mat was klein (20 cm). Gezien het aantal scheuten kan dit leiden tot een extreem hoog stamtal van de beplanting. Daarnaast was de variatie in wilgensoorten en -klonen beperkt, wat in de toekomst zou kunnen leiden tot problemen met ziekten. Aanbevelingen waren o.a.: meer variatie aanbrengen in wilgensoorten en -klonen, bij salimatten aandacht voor het voorkomen van het te diep wegzinken van de matten, naast het salimatprocedé andere plantmethoden uitproberen. Uiteindelijk heeft zich op de plek van het baggerdepot met de salimatten een

pioniersbos gevormd. Onbekend is of later actief in ander projecten salimatten zijn ingezet. Er is een combinatie denkbaar waarbij wilgen uit salimatten ook worden ingezet voor fytoremediëring waarbij de wilgen zware metalen uit het baggerslib opnemen.

3.6.2. Toemaak

Ook nieuw is de vermelding van Toemaak. Daarbij wordt stalmest, zand en bagger vermengd tot een geheel dat wordt gebruikt om (landbouw)grond op te hogen. Deze methode wordt al lange tijd toegepast door boeren in veengebieden om hun akkers op te hogen. Deze methode wordt momenteel verder ontwikkeld als projectidee “Veen in balans”. Middels deze methodiek wordt door agrariërs de gelegenheid geboden de bodemdaling te compenseren via het opbrengen van mest, bagger, en/of ander gebiedseigen organisch materiaal (riet, snoeihout windsingels, kroos, slootkant maaisel) als onderdeel van de jaarlijkse bedrijfscyclus. Bij gebruik van Toemaak als ophoogmateriaal op (venige) landbouwgronden is er geen (of in lichte mate) sprake zettingen zodat dit een mogelijke oplossing biedt om verdere bodemdaling van de veen-landbouwgronden tegen te gaan in het licht van de klimaatproblematiek.

3.6.3. Baleen rds technologie

Een nieuwe ontwateringtechnologie welke bagger of slib kan ontwateren met een grote processnelheid en een groot debiet is de Baleen rds technologie. Baleen is de merknaam waaronder het systeem in Europa wordt vermarkt. Bij het Baleen systeem wordt gebruik gemaakt van een polymeer. Met een permanente proces flow van zo’n 500 m3 / uur, worden slibmengsels in een lineaire opstelling tussen pomp (zuiger) en mobiele ontwateringmachine ter plaatse ontwatert tot het in situ droge stof gehalte. Met een eventuele mechanische ontwateringsbehandeling kunnen op deze wijze grote volumes worden ontwaterd. Het vrijkomende proceswater bevat veelal minder dan 30 mg / l. oplosbare delen en kan dus direct weer retour worden geloosd op het oppervlakte water. Om de baggerspecie nog verder te ontwateren, zouden zeefbandpersen achter de zeeftafels aangesloten kunnen worden. De baggerspecie wordt dan verder ingedikt tot een droge stof gehalte van circa 50%.

3.6.4. Depotreiniging met warmte

Binnen het Nederlandse Onderzoeksprogramma Biotechnologische In-Situ Sanering is onder supervisie van de CUR in Gouda in 2000 het rapport ‘Haalbaarheidsonderzoek depotreiniging van baggerspecie versnelling van het rijpingsproces met warmte’ uitgegeven. Gedurende de rijping kunnen organische verontreinigingen afgebroken worden, zodat bij een beperkte overschrijding van de samenstellingsnormen van het Bbk(factor 2-3 voor minerale olie, 1-2 voor PAK), na rijping een toepasbare bouwstof kan worden geproduceerd.

3.6.5. Versnelling van het rijpingsproces met warmte

Een optie om de **rijping** te versnellen is **middels temperatuurverhoging**. Een mogelijkheid hiervoor is restwarmte te gebruiken van energiecentrales. De temperatuur moet gemiddeld 5 graden hoger zijn om de rijping 2 x zo snel te laten verlopen. Uit onderzoek blijkt dat de kosten van rijping in een verwarmd depot vergelijkbaar zijn met rijpen in een traditioneel depot. Onbekend is of deze techniek sindsdien daadwerkelijk is ingezet.

3.6.6. Baggerspecie met kalk gestabiliseerd

Baggerspecie kan in principe in één stap met **kalk worden gestabiliseerd** tot een direct herbruikbare grondstof. Per % (m/m) gedoseerde wegenbouwkalk zal het vochtverlies circa 2-3% (m/m) bedragen. Een hoge dosering wegenbouwkalk kan vanuit economisch oogpunt niet haalbaar zijn. Hierdoor wordt directe stabilisatie van ongerijpte baggerspecie in een stap vaak te duur. Een aantrekkelijk alternatief is versnelde rijping van baggerspecie (zie: Rijping)

tot een vochtgehalte van 25-35% met daarna, in stap 2, stabilisatie met een kleine dosering wegenbouwkalk. De dosering kalk hangt af van de samenstelling van de baggerspecie. In de regel blijkt 0,5% - 1% voldoende te zijn voor de beoogde verbetering. Bijkomend voordeel is dat met kalk gestabiliseerde baggerspecie onder meer uiteenlopende weersomstandigheden kan worden verwerkt: schommeling van de vochtgehaltes, bijvoorbeeld door droog of nat weer, heeft een minder grote invloed op de eigenschappen van de grondstof. Is de gestabiliseerde baggerspecie verdicht, dan kan vrijwel geen vocht meer indringen of uittreden. Dit komt de kwaliteit van de constructie ten goede.

3.6.7. Koude immobilisatie

Koude immobilisatie is eerder in dit rapport genoemd maar verdient hier extra aandacht omdat de nadruk wordt gelegd op het **stabiliserende** effect van immobiliseren wat leidt tot verschillende soorten bouwmaterialen. Bij koude immobilisatie van baggerspecie worden verontreinigde stoffen in uitgehard materiaal gefixeerd door de ontwaterde baggerspecie te mengen met bindende stoffen (meestal cement). Bij immobilisatie wordt de specie volledig nuttig toegepast. Met geïmmobiliseerde of gestabiliseerde bagger kunnen verschillende bouwmaterialen worden gemaakt waarvan de eigenschappen instelbaar zijn: monolietconstructies, licht gebonden stabilisaties en een granulair tussenproduct (kunstmatig granulaat). Bij de inzet van schone bagger spreken we over stabiliseren. Bij de inzet van verontreinigde bagger spreken we over een combinatie van immobiliseren en stabiliseren.

3.6.8. Onderhogen

Bij het **onderhogen** kan het bodemgebruik in stand blijven doordat de bodem verhoogd wordt door middel van het injecteren van grond (slib) op dieptes beneden afsluitende lagen, zoals veen en kleilagen. Er wordt hierbij gebruik gemaakt van vergelijkbare technieken als onderzuigen voor zandwinning. Met dit zogenaamde wetland lifting kan de bodem worden verhoogd in gebieden die bedreigd worden door het stijgende zeewater of rivierwater met behoud van bestaande habitat. Wetland lifting vergroot de beschikbare ruimte waarbij ons land zodanig wordt getransformeerd dat het klimaat- en waterrobuust is voor natuur, wonen en werken. Deze methodiek is nog slechts in een experimentele fase.

3.6.9. Rijs-/rietmatten

Rijs-/rietmatten worden geproduceerd van wilgentenen. Van oudsher worden deze rijsmatten gebruikt als zinkstukken in de waterbouw. De wilgen vormen een duurzaam beschikbare grondstof. Een nieuwe toepassing van de rijsmatten is om deze als basis te gebruiken om rietmoerassen te laten ontstaan. Een dergelijk rietmoeras reduceert stroming en golfwerking en creëert waardevolle habitats onder- als bovenwater. Tevens zullen de rijstmatten de bezinking van het slib versterken en slappe bodems vastleggen. De rijsmatten zijn bestand tegen forse krachten. Dit concept is met succes in 2017 in de Loosdrechtse Plassen ingezet ten behoeve van het legakkerherstel.

3.6.10. Versterkte baggerspecie

Versterkte baggerspecie wordt in één procesgang uit sediment gemaakt door de grove delen eruit te zeven, te mengen met grondstoffen en het mengsel met een verharder in het werk, bijvoorbeeld in een waterkering, aan te brengen. Versterkte baggerspecie is geheel maakbaar: een bouwstof op bestelling. Door te variëren met de hoeveelheden en soorten grondstoffen kan de bouwstof licht tot zwaar, zacht tot stijf, doorlatend tot ondoorlatend worden gemaakt, gelijk een klei- of steenachtig materiaal. De functionele eigenschappen die vanuit een werk worden gesteld zijn geheel instelbaar. Diverse grondstoffen kunnen worden gebruikt om deze eigenschappen te verkrijgen, bijvoorbeeld vliegas en cement als bindmiddelen, een vertrager/verdunner voor de verwerkbaarheid, waterglas als verharder en

zand als verzwaringsmiddel. Een bekend recent voorbeeld is de GEOWALL®, de beschoeiing van gestabiliseerde baggerspecie. Daarbij wordt overigens het mengsel van bagger en additieven ook nog eens mechanisch aangeperst. Hierdoor zijn minder binders nodig. Versterkte bagger overlapt gedeeltelijk het onderwerp koude immobilisatie/stabilisatie.
De inzet van rijsmatten en versterkte baggerspecie waren de technieken die op de baggernetbijeenkomst van 10 oktober 2017 (mede georganiseerd door NETICS) aan de markt zijn gepresenteerd op basis van proefprojecten in de Loosdrechtse Plassen en in het Oranjekanaal in Drenthe.

C Protocol 7510 acceptatievoorwaarden bewerking bagger

Tabel 1A Maximale acceptatiewaarden voor bewerkingstechnieken[8)]

	Thermisch	Extractief	Biologisch	Immobilisatie
fysische parameters (in m/m % van de droge stof)				
fractie < 63 µm		< 20 (1), (2)		
chemische parameters (in mg/kg d.s.)				
minerale olie	geen maximum	<C12: 7.500 C12-C22: 2.000 C22-C30: 1.500 C30-C40: 1.000	<C12: 10.000 C12-C22: 3.000 C22-C30: 2.000 C30-C40: 1.000	< 120 % * max. referentiewaarde Bbk Industrie
som-PAK		800	40	< 120 % * max. referentiewaarde Bbk Industrie
aromaten		1.000	1.000	< 120 % * max. referentiewaarden Bbk Industrie
som PCB's	1.500	0,5/congeneer (gemeten gehalte)	0,5/congeneer (gemeten gehalte)	< 120 % * max. referentiewaarden Bbk Industrie én tevens 0,5/congeneer (gemeten gehalte)
overige org. verbindingen	geen maximum	10-90x max. referentiewaarden Bbk Industrie	< max. referentiewaarden Bbk Industrie	< 120 % * max. referentiewaarden Bbk Industrie
CN totaal(complex en vrij)	10.000	250	< max. referentiewaarden Bbk Industrie	4)
barium	< max. referentiewaarden Bbk Industrie(3)	9.200 (5)	< max. referentiewaarden Bbk Industrie	geen maximum4)
cadmium		40 (5)		
chroom		5.400 (5)		
kobalt		1.900		
koper		1.700 (5)		
kwik		10 (5)		4,8
lood		5.400 (5)		geen maximum4)
molybdeen		1.000 (5)		
nikkel		600 (5)		
tin		9.000		
zink		5.900 (5)		
asbest	100 (6)	10.000 (5) (6) (7)	100 (6)	100
fluoride	mogelijk proceskritische parameter, afh. van beoogde toepassing			
bromide	mogelijk proceskritische parameter, afh. van beoogde toepassing			
chloride	mogelijk proceskritische parameter, afh. van beoogde toepassing			
sulfaat	mogelijk proceskritische parameter, afh. van beoogde toepassing 4)			
overige anorganische verbindingen en overige zware metalen	< max. referentiewaarden Bbk Industrie (3)	10-90x max. referentiewaarden Bbk Industrie	< max. referentiewaarden Bbk Industrie	geen maximum

1 Boven de 20% vindt er een toetsing plaats op basis van de Regeling beoordeling reinigbaarheid grond.

2 Indien de partij niet door middel van thermische of biologische reiniging tot referentiewaarden 'Industrie' kan worden verwerkt, geldt een bovengrenswaarde van 50%.

3 Te corrigeren naar gehalten aan organische stof én lutum in het gereinigd product als volgt:
a organische stof : gehalte na reiniging: 50% van ingangswaarde
b. lutum : afhankelijk van installatie i.c. terugvoer fijne fractie bij gereinigde grond:
b1. geen terugvoer:
**indien het lutumgehalte vóór reiniging < 5%: actueel gehalte vóór reiniging;*

*indien lutum voor reiniging tussen 5-15%: gehalte na reiniging wordt gelijk gesteld aan 5%;
*indien lutum voor reiniging > 15%: gehalte na reiniging wordt gelijk gesteld aan 10%;
b2. wel terugvoer: actueel gehalte vóór reiniging.

4 Voor de acceptatie van deze parameters wordt verwezen naar onderdeel D.5 (Factsheet Koude immobilisatie, tabel 1). uit de Richtlijn herstel en beheer (water)bodemkwaliteit (www.bodemrichtlijn.nl) onder de kolom 'goed' en naar Sectorplan 39 van het Landelijk Afvalbeheerplan.

5 Uitgaande van verwijderingrendement van 90% of meer

6 Gewogen concentratie: "serpentijnconcentratie, vermeerderd met 10 maal de amfiboolconcentratie".

7 Voor extractieve reiniging is het ook van belang welk deel van het asbest in hechtgebonden vorm en niet hechtgebonden vorm (inclusief losse vezels) aanwezig is. Een verontreiniging met hechtgebonden materiaal (o.a. asbestcement) zit vooral in de grove fracties terwijl een verontreiniging met niet hechtgebonden materiaal (isolatiematerialen) ook in de fijne fracties aanwezig kan zijn (respirabele vezels).Het genoemd rendement is uitsluitend haalbaar indien de extractie reiniging ten minste een natte zeving omvat voor afscheiding van grove asbestdeeltjes.

8 Voor fysische scheiding (na of droog zeven) wordt verwezen naar paragraaf 6.3.3.5.

Tabel 1B Maximale acceptatiewaarden voor landfarming baggerspecie

Baggerspecie	Landfarming
Fysische kwaliteit	
Textuur	Z/MZ/K/V [1])
Organische stof	≤ 20% (niet voor veen)
Milieuhygiënische kwaliteit	
Zuurgraad (pH)	6,5 – 8,5
Zware metalen	≤ max. referentiewaarden Bbk Industrie
Minerale olie	≤ klasse B
PAK (som 10)	≤ 80 mg/kg ds.
PCB (som7)	≤ max. referentiewaarden Bbk Industrie
DDT [2])	≤ max. referentiewaarden Bbk Industrie
Asbest [3])	≤100 mg/kg ds. (gewogen)

[1]) Z= zandig, MZ = matig zandig, K= klei en V= veen
[2]) niet afbreekbare bestrijdingsmiddelen (bij landfarming)
[3]) gewogen concentratie; 'Serpetijnconcentratie, vermeerderd met 10 maal de amfiboolconcentratie'

Tabel 1C Maximale acceptatiewaarden voor eenvoudige zandscheiding baggerspecie

Baggerspecie	Eenvoudige zandscheiding [5])	
	Gebruik sedimentatiebekken	Mechanische zandscheiding (hydrocyclonage)
Fysische kwaliteit		
Textuur	Z/MZ [1])	Z/MZ [1])
Zandgehalte [63–2.000 µm] [2])	≥ 60%	≥ 60%
Milieuhygiënische kwaliteit		
Zware metalen	≤ referentiewaarden Bbk klasse Industrie	10x max. referentiewaarden Bbk Industrie[5])
Minerale olie	≤ Bbk referentiewaarde baggerspecie klasse B	20x max. referentiewaarde Bbk Industrie[5])
PAK (som 10)	≤ referentiewaarden Bbk klasse Industrie	10x max. referentiewaarde Bbk Industrie[5])
PCB (som7)	≤ referentiewaarden Bbk klasse Industrie	0,5 mg/kg ds. per congeneer
DDT[3])	≤ referentiewaarden Bbk klasse Industrie	10x max. referentiewaarde Bbk Industrie[5])
Asbest [4])	≤ 100 mg/kg d.s.	≤1.000 mg/kg ds. [gewogen][5])

[1]) Z= zandig, MZ = matig zandig
[2]) bepaald volgens NEN 5753
[3]) niet afbreekbaar bestrijdingsmiddelen (bij landfarming)
[4]) gewogen concentratie; 'Serpetijnconcentratie, vermeerderd met 10 maal de amfiboolconcentratie'
[5]) voor sterker verontreinigde baggerspecie gelden voor de procesmatige extractieve bewerkingsmethode de maximale acceptatiewaarden voor extractief (tabel 1A)

D Verslag Workshop Circulair omgaan met Baggerspecie Waterschappen

27 februari 2019, Deltares Utrecht

Concept verslag door Stephanie Janssen, 7 maart 2019

De waterschappen hebben als doel gesteld om in 2020 50% circulair te werken en in 2050 100% circulair. Er is behoefte aan inzicht in wat dit betekent voor het Circulair omgaan met baggerspecie. Om deze reden voeren Netics en Deltares in samenwerking met Waternet een eerste fase onderzoek uit over Circulariteit Baggerspecie. Dit onderzoek brengt in beeld wat circulariteit betekent voor het omgaan met baggerspecie, in welke mate er al circulair gewerkt wordt door nuttig hergebruik van baggerspecie en waar kennisbehoeften liggen. In een tweede fase kunnen vervolgens de geïdentificeerde kennis leemten verder opgepakt worden. Het onderzoek wordt uitgevoerd in opdracht van RVO in samenwerking met waterschappen (contactpersoon Waternet), zodat niet ieder waterschap opnieuw het wiel hoeft uit te vinden mbt bagger en circulariteit. De studie wordt begeleid door een begeleidingsgroep vanuit de waterschappen en eerste contact is waternet.

Onderdeel van de studie is een workshop met waterschappen en provincies. Deze workshop vond plaats op woensdag 27 feb 2019. De doelen van deze workshop waren:

- Toewerken naar een definitie Circulariteit Baggerspecie
- Uitwerken van het concept Circulariteit Baggerspecie voor drie case studies
- Uitdagingen en kennis ontwikkelgebieden in beeld brengen met betrekking tot Circulariteit van Baggerspecie.

De workshop heeft vier onderdelen: (1) een Introductie, (2) Presentaties over het NETICS-Deltares onderzoek (door Eldert en Luca), en nuttig toepassen van slib in het Eems-Dollard gebied (door Fred Haarman, (3) Case studies Oranjekanaal, Loosdrechtse Plassen en Plantage Muidergracht, en (4) Uitdagingen en Kennis ontwikkelgebieden in beeld brengen.

De deelnemers lijst van de workshop is opgenomen in Bijlage 1. De aantekeningen die tijdens de workshop zijn gemaakt zijn opgenomen in Bijlage 2.

A.1. Introductie

Tijdens de voorstelronde van de deelnemers is hen gevraagd naar associatie. Dit levert een heel verzameling van termen.

<u>Wat is circulariteit van baggerspecie?</u>
Hergebruik, waarde, hergebruik grondstoffen, systeemdenken, denken over toepassing, upcyclen, locatie gebonden, nieuwe functie, samenwerken, waardecreatie, kosten effectief hergebruik, waarde creeeren, lokaal hergebruik, zo min mogelijk stort locaties, nuttig hergebruik, werk met werk, bagger als grondstof ipv primaire grondstoffen gebruiken, lokaal hergebruik, win-win, circulariteit *met* bagger.

A.2. Presentaties

Eldert Besseling en Luca Sittoni presenteren de resultaten van het onderzoek circulariteit baggerspecie. De presentatie is opgenomen in bijlage 3.

Fred Haarman presenteert het nuttig toepassen van slib dat in de Eems-Dollard plaats vindt. Hij laat zien hoe het slib nuttig wordt toegepast (als grondstof voor dijkversterkingen of ophogen landbouwgrond) en wat hier voor nodig is. De presentatie van Fred Haarman is opgenomen in Bijlage 4.

A.3. Case studies

Een van de doelen van het onderzoek circulariteit baggerspecie is een concrete uitwerking van het concept voor een aantal projecten. Hiertoe zijn drie casestudies geselecteerd: baggeren Oranjekanaal, baggeren Loodrechtste plassen en verontreinigde bagger in de Plantage Muidergracht.

De projecten worden plenair toegelicht, daarna gaan groepen uiteen. Voor iedere cases worden twee vragen beantwoord:

3. Wat is circulariteit baggerspecie in dit project
4. Wat is er voor nodig om circulariteit baggerspecie te realiseren

A.3.1 Verontreinigde bagger Plantage Muidergracht

Karin Marrees introduceert het project Plantage Muidergracht. De presentatie is in bijlage 5.

De bagger in Plantage Muidergracht te Amsterdam is deels zodanig verontreinigd dat de bagger niet mag worden toegepast. Er zijn vrij veel gegevens beschikbaar over het materiaal, tot nu toe is het afgevoerd naar een stortplaats. De vraag is wat moet gebeuren wil je deze bagger circulair gaan toepassen. Er moet zowel over techniek als toepassing nagedacht worden.

Wat is circulariteit baggerspecie voor het project Plantage Muidergracht?

Circulariteit is het creëren van waarden. Er zijn verschillende manieren om waarde te creëren. De uitdaging is waarde creëren en de optie kiezen die de grootste waarde heeft, niet de makkelijkste optie.

Besluitvormers willen rendement op korte termijn. Zij zijn niet bewust van een probleem of een kans. Dit belemmert de implementatie van circulariteit baggerspecie.

Wat is er nodig om circulariteit baggerspecie te realiseren voor Plantage Muidergracht ?

- Het is vervuild sediment en hierbij heb je wettelijke beperkingen. Dit geldt voornamelijk voor vervuild sediment. Wetgeving beperkt de mogelijkheden en vergroot de kosten. Het is nodig om over risico's te denken niet (alleen) over concentraties. Bijvoorbeeld, je kunt vervuild slib gebruiken in toepassingen zoals mixen met cement en daarmee verzeker je dat de vervuiling vast is.
- Lange termijn denken. Plan voor 20 tot 30 jaar. Lange termijn denken. Plan en visie.
- Een maatschappelijke kost baten analyse voor de lange termijn.
- Nadenken over wat je wil bereiken. Wat voor oplossing zijn er en wat is nodig voor de toekomst voor een gebied.

Hoewel de cases over vervuild slib gaat, zijn de opmerkingen niet specifiek voor vervuild slib, maar meer generiek.

A.3.2 Oranjekanaal – Waterschap Vechtstromen

Gerrit Meijerink geeft een introductie op het project Oranjekanaal van het Waterschap Vechtstromen. De presentatie is opgenomen in bijlage 6.

De functie van het oranjekanaal is na veenwinning beperkt tot aanvoer en afvoer van water. Daardoor is jarenlang weinig aan onderhoud gedaan. Nu is er vermoedelijk vanwege kwaliteit reden om te baggeren. De bagger is sterk zandig. In een eerder uitgevoerde pilot zijn, in samenwerking met Netics, bouwblokken gemaakt van bagger. Met deze bouwblokken is een stuk oeverbeschoeiing aangelegd. Er zijn meerdere toepassingen met deze blokken denkbaar en er is de ambitie om het concept verder te brengen en op te schalen

Wat is circulariteit baggerspecie voor het project Oranjekanaal?

- Baggerspecie op locatie houden, geen transport
- Duurzaamheidsgedachten: beoordeling op basis van bijvoorbeeld CO2 impact, eco-kosten, economisch voordeel
- Combinatie zoeken met alternatief bouwproducten, zoals bijvoorbeeld betoncentrale (mobiel)
- De cirkel van bagger naar bouwstof naar bagger juist voor stedelijke gebieden verduurzamen door waarde toe te voegen. Catalogus of kansenkaart met mogelijke producten.
- Bagger eruit halen en terugbrengen is de eerste cirkel.
    - Om alle bagger te kunnen gebruiken blijft combi.
    - Wil moeten we kijken naar waarden product op de lange termijn.

Wat is er nodig om circulariteit baggerspecie te realiseren voor Oranjekanaal?

- geld om techniek goedkoper te maken en verder te ontwikkelen
- ambitie en lef om te beslissen, stip op de horizon. Eerst een innovatiesubsidie en daarna financiering vanuit projecten.
- Koppelen van vraag en aanbod: door vraag te creëren stimuleer /forceer je ontwikkeling
- Out of the box denken
- Catalogus of kansenkaart met toepassingen: blokken, parkeer straten, NVO
- Beleid aanpassen aan nieuwe mogelijkheden
- Opschalen: er wordt meer bagger gewonnen dan toegepast.

A.3.3 Baggeren Loosdrechtse Plassen

Dineke Mulderij introduceert het project Loosdrechtse Plassen.

Waternet, de provincie Noord-Holland, twee gemeenten en het Plassenschap zijn gezamenlijk betrokken bij het baggeren van de Loosdrechtse plassen. In 2017 is een pilot uitgevoerd om van 2 problemen 1 oplossing te maken. De 2 problemen waren: 1) er is teveel slib op de bodem en 2) veel van de oude legakkers die na de veenwinning zijn achtergebleven zijn door erosie verdwenen. De opdracht was om nieuwe legakkers te maken van slib van de bodem. Dat is met succes gelukt. Er is eerst een soort matras gemaakt van wiepen en daar is vervolgens de bagger ingebracht. Daarbovenop is riet aangebracht, waardoor het nu kan functioneren als natuurvriendelijke oever. Voor opschaling is de vraag wat er gebeurt als je dit op het hele baggerwerk zou toepassen.

Wat is circulariteit baggerspecie voor het project Loosdrechtse Plassen?

- Herbruikbaar
- Lokaal
- CO2

- Geen restproducten
- Scoren op: kosteneffectiviteit, CO2 belasting en circulariteit LCA
- Waarde van CO2 capture, voor wie? Eventueel voor bedrijven.

Wat is er nodig om circulariteit baggerspecie te realiseren voor Loosdrechtse Plassen?

- Open uitvraag: doel nuttig hergebruik en functioneel
- Circulaire uitvraag
- Ruimte bieden voor gaandeweg innovatie
- Terug naar de basis: land en water
- Koppel pilot aan opschaling
- Besteden op bijvoorbeeld LCA
- Koek groter maken: MCA
- Risicos en kansen waarderen

A.4. Uitdagingen en kennisontwikkelgebieden

In het laatste deel van de workshop wordt een overzicht gemaakt van uitdagingen en kennis ontwikkelgebieden voor circulariteit baggerspecie. Iedereen schrijf op post-its zijn of haar belangrijkste uitdagingen en kennis vragen. Daarna delen we gezamenlijk in per thema.

A.4.1 Uitdagingen

- Scope
  - Lange termijn focus
  - Lange termijn visie
  - Boven project-niveau uitstijgen
  - Kansen benutten
  - Klein/kort/makkelijk denken
- Financiering
  - Financieringsconstructies
  - Budget om CE te starten
- Governance
  - Mutual gains approach
  - samenwerking
- Jurdisich
  - Juridische mogelijkheden
  - Aanpassen wetgeving
  - Wet- en regelgeving
  - Uitloopgedrag van vervuilde stoffen; blijvende beperking?
- Communicatie
  - Bewustwording van voordelen circulaire toepassingen. Promotie CE pool
- Concrete toepassingen laten zien (markt informeren).

A.4.2 Kennisvragen

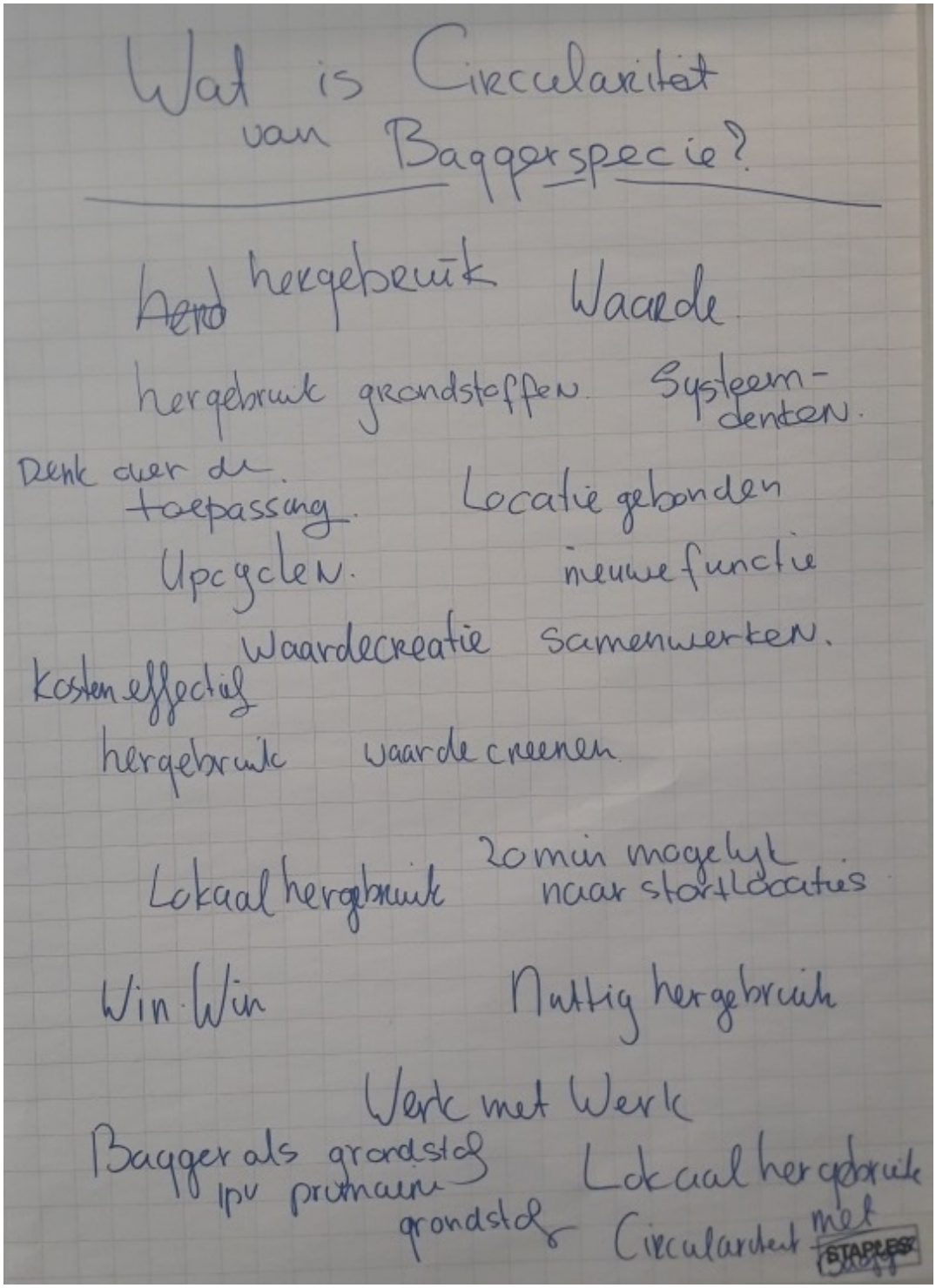
- Juridisch
  - Is wet en regelgeving te wijzigen om CE te stimuleren?
  - Eigenaarschap CO2
  - Rendementsvergelijking (CO2) van verschillende toepassingen (ladder van…).
    - Verspreiden over land
    - creëren van producten.
    - Etc.

  - Hoe zorgen we dat circulariteit baggerspecie wet wordt?
  - In overleg met I&W gaan over normen voor toepassingen van bagger
  - Kwaliteit vs. toepasbaarheid
  - Welke toepassingen zijn mogelijk haalbaar?
- Technisch
  - Toepassen veenslib
  - Onderzoek toepassing kleiig en veenig slib
  - Welke bagger waarvoorgebruiken
  - Moeten we anders gaan baggeren om beter circulair her te gebruiken
  - Effectbepaling van toeslagstoffen in bagger (fysisch, chemisch, biologisch, beschikbaarheid)
- Governance
  - Position paper voor bestuur en directie om problemen te zien en ze mee te kunnen nemen in het denken
  - Bestuur/ stakeholders meer nemen
  - Visie
- Communicatie
  - Catalogus of kansenkaart ontwikkelen vanuit waterschappen
  - Wat is anders bij de waterschappen dan bij RWS?
- Financieel
  - Wat zijn de kosten?
    - Bagger transport
    - CO2 – bouwstoffen
    - Maatschappelijk
  - MKBA geselecteerde gebieden/projecten
  - Inventariseren low-cost toepassingen en toetsen met MKBA

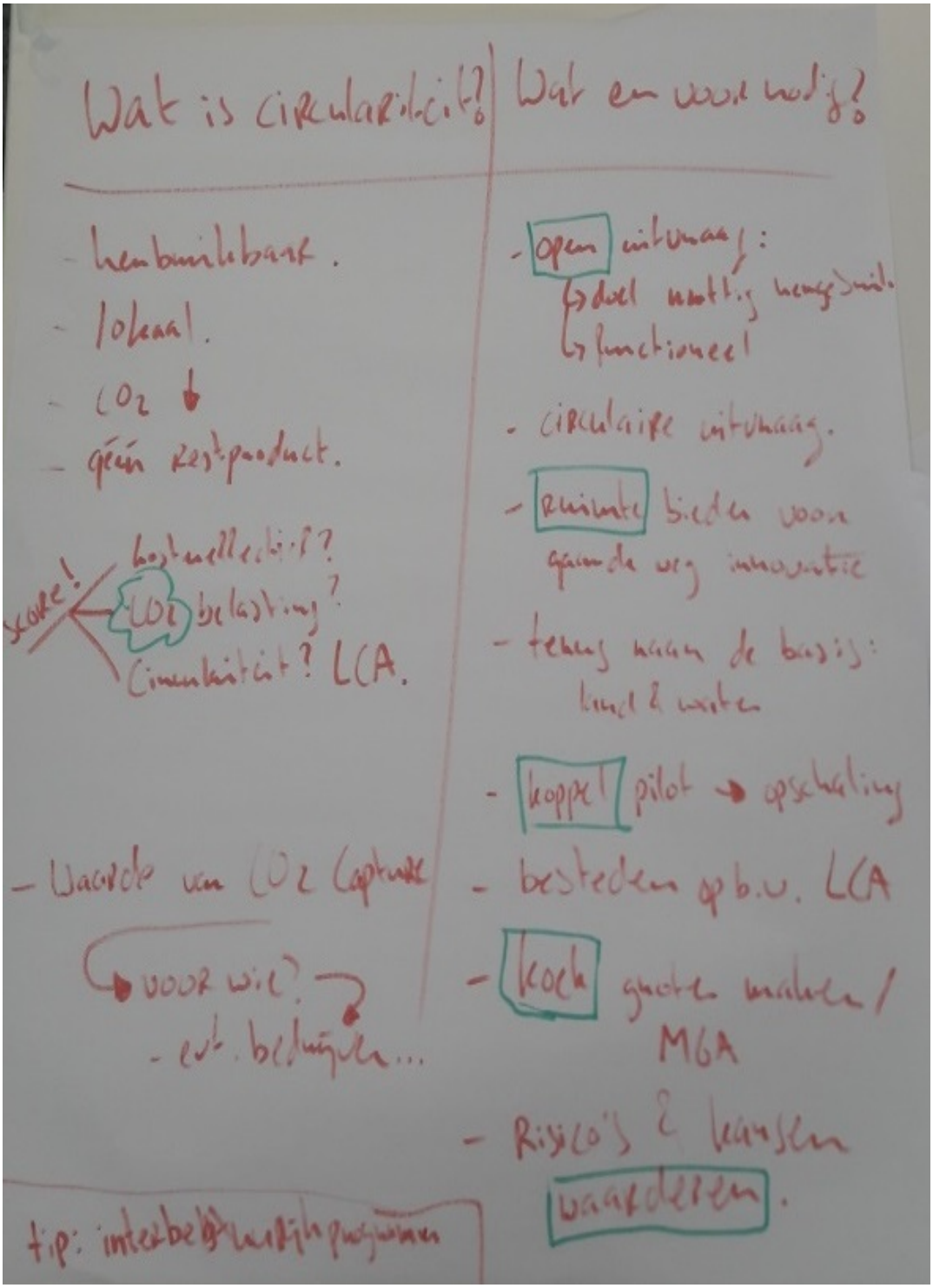
A.5. Deelnemers Workshop Circulariteit Baggerspecie 27 februari

	Naam	Organisatie
1	Eldert Besseling	NETICS
2	Fred de Haan	Waternet
3	Luca Sittoni	Deltares
4	Stephanie Janssen	Deltares
5	Frank Otten	Waternet
7	Fulco Lambregts	Waternet
8	Fred Haarman	RHDHV
9	Jose Doorson	Waternet
10	Karin Marrees	Waternet
11	Anouska ten Have	Waterschap Rijn en IJssel
12	Thijs Stam	Provincie Noord Holland
13	Gerrit Meijerink	Waterschap Vechtstromen
14	Helga Hijdra	Plassenschap Midden Nederland
15	Dineke Mulderij	Provincie Noord Holland
16	Peter van Dijk	Waterschap Vallei en Veluwe
17	Hugo Ekkelenkamp	NETICS

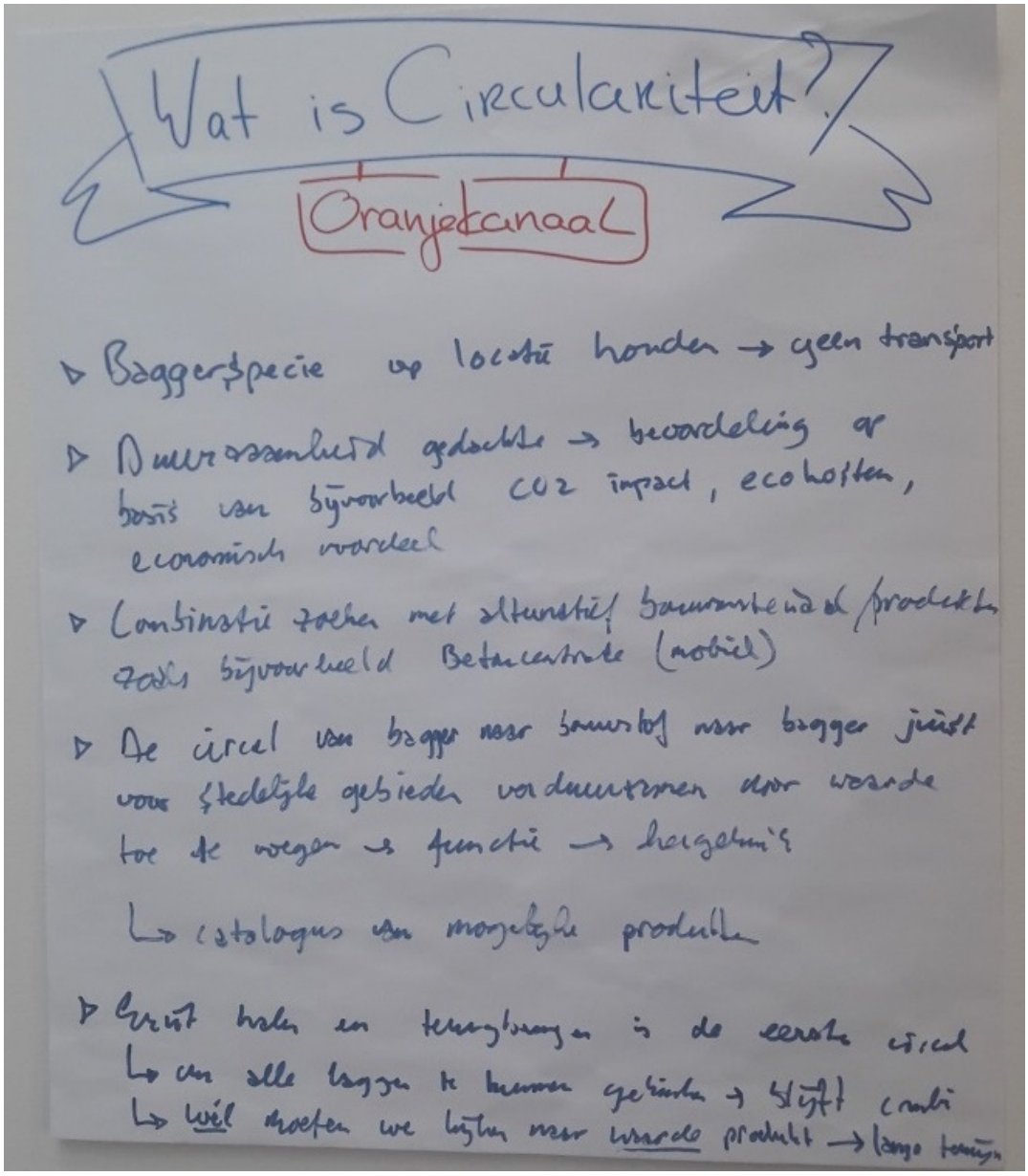
A.6. Workshop aantekeningen op flipover



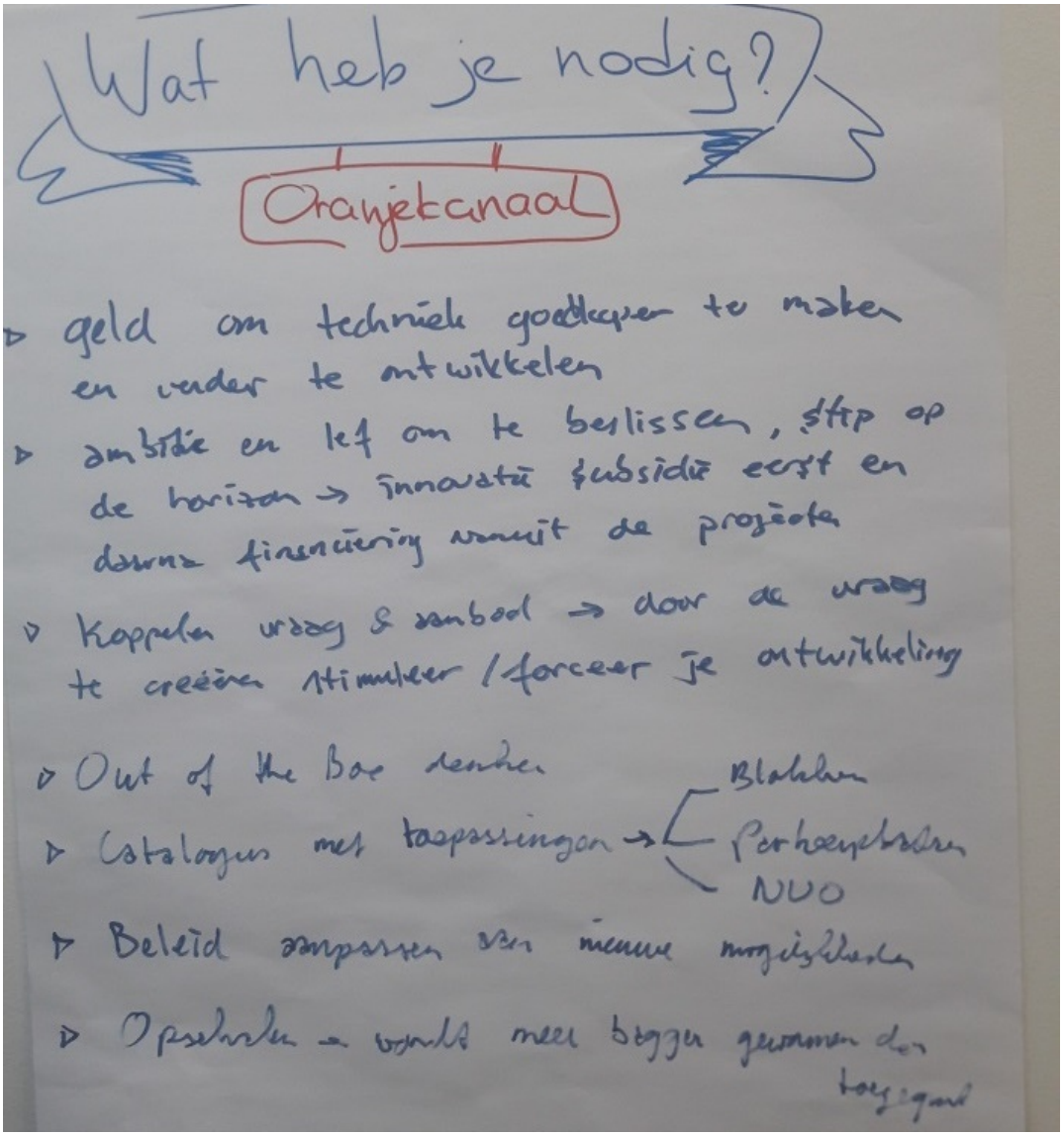
Figuur 13 Flipover Introductie ronde 'wat is circulariteit baggerspecie'



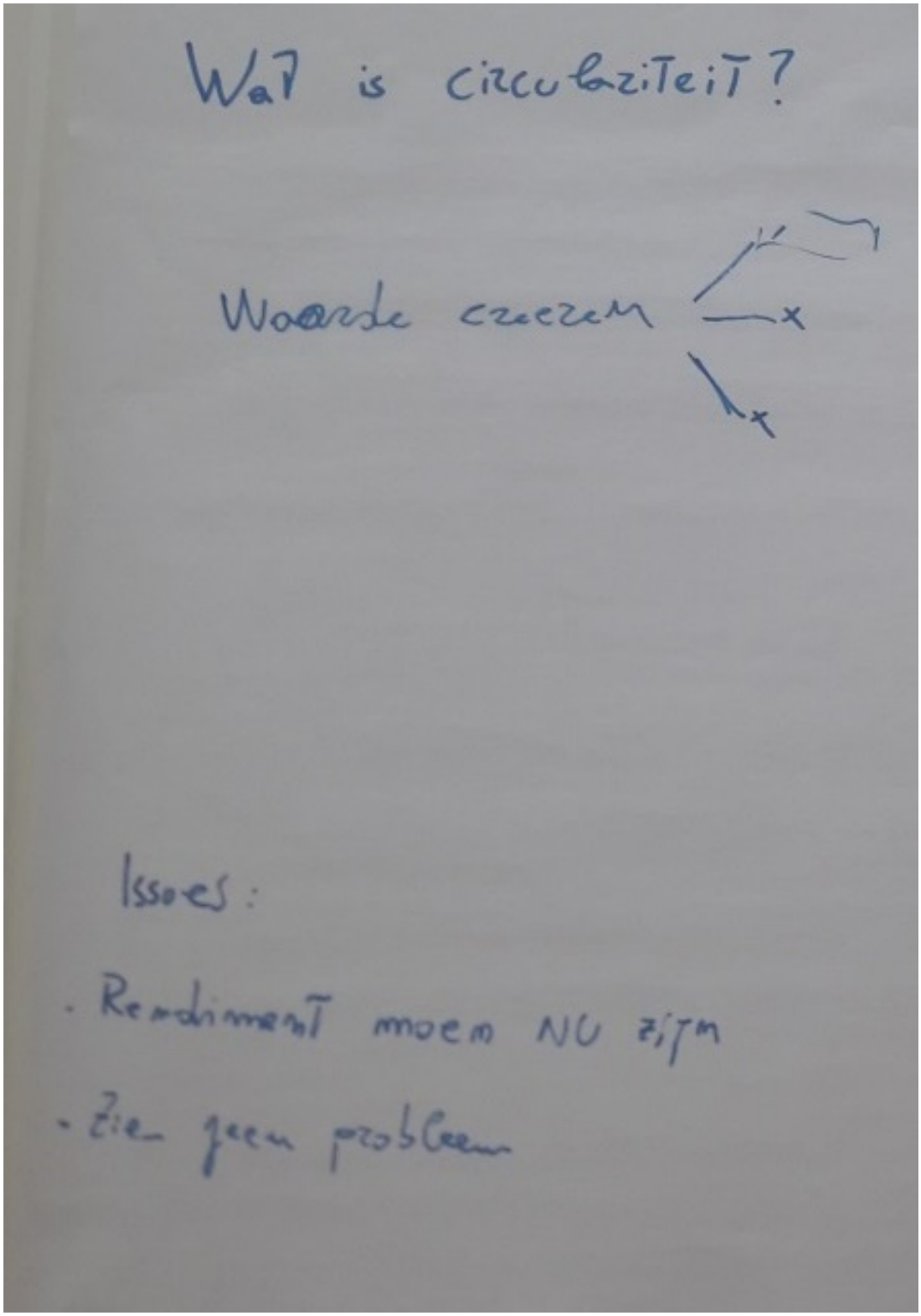
Figuur 14 Casestudie Loosdrechtse Plassen



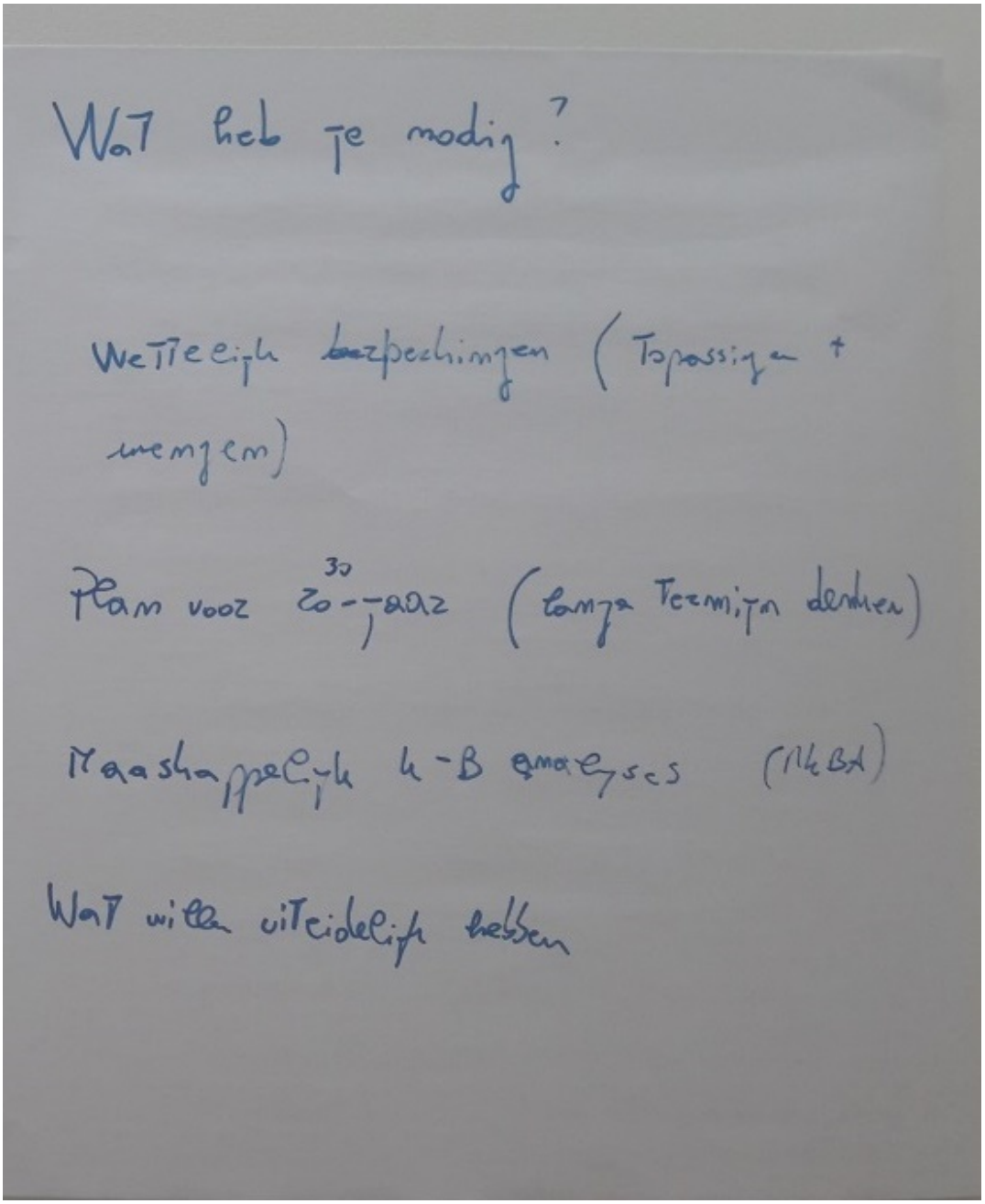
Figuur 15 Casestudie Oranjekanaal (1)



Figuur 16 Casestudie Oranjekanaal (2)

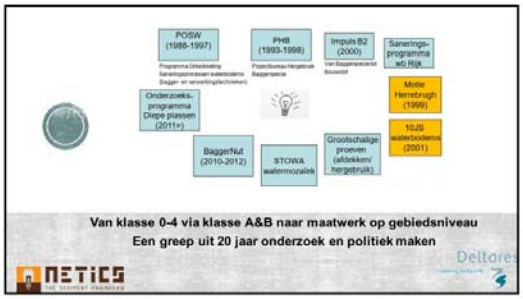


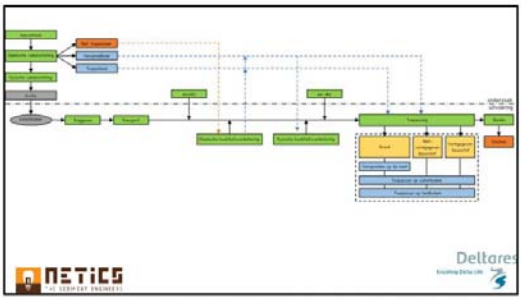
Figuur 17 Casestudie Plantage Muidergracht (1)

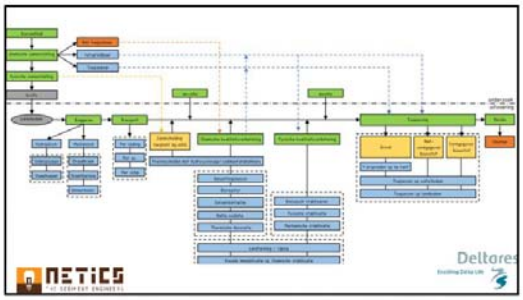


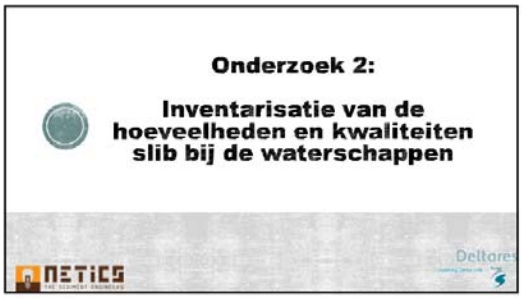
Figuur 18 Casestudie Plantage Muidergracht (2)

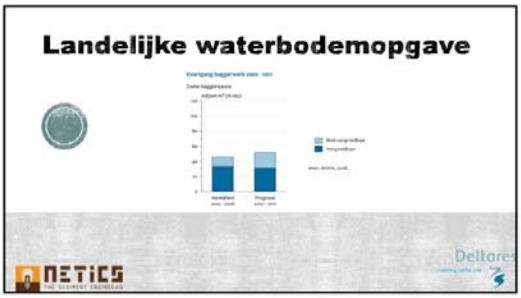
A.7. Presentatie onderzoek Circulariteit Baggerspecie door Eldert en Luca

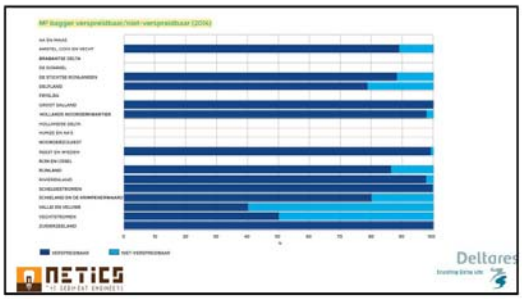


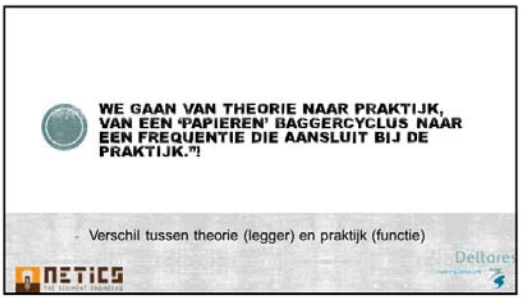





Onderzoek 2:
Inventarisatie van de hoeveelheden en kwaliteiten slib bij de waterschappen


Landelijke waterbodemopgave




WE GAAN VAN THEORIE NAAR PRAKTIJK, VAN EEN 'PAPIEREN' BAGGERCYCLUS NAAR EEN FREQUENTIE DIE AANSLUIT BIJ DE PRAKTIJK.(?)!
Verschil tussen theorie (legger) en praktijk (functie)

NAAST RISICOGESTUURD BAGGEREN OOK KANSGESTUURD BAGGEREN
Ruimte voor bagger als delfstof, circulaire baggerplannen

Hoe hoogwaardig is al deze bagger hergebruikt?

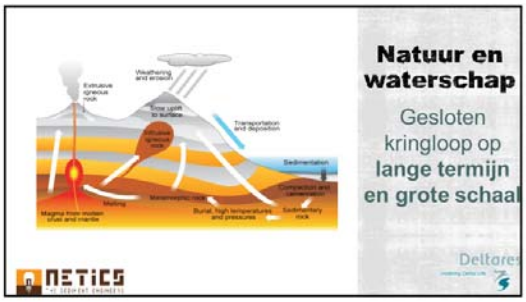
Definitie voor circulair baggergebruik
Deltares

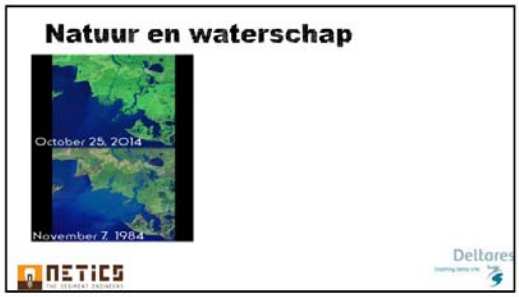
Definitie voor circulair baggergebruik (1... 114)
1. "A circular economy aims to redefine growth, focusing on positive society-wide benefits. It entails gradually decoupling economic activity from the consumption of finite resources, and designing waste out of the system. Underpinned by a transition to renewable energy sources, the circular model builds economic, natural, and social capital". (Ellen MacArthur Foundation, 2018)
2. "Circulaire economie is een economie waarin de waarde van producten, materialen en hulpbronnen zo lang mogelijk kan worden behouden en de afvalproductie tot een minimum wordt beperkt". Europese Commissie (2015).
3. "Wanneer kringlopen worden gesloten en er geen materiaal verdwijnt als reststroom, is er sprake van een circulaire economie". Smits en Lindenhof (2015)
4. "CE is een economisch en industrieel systeem dat de herbruikbaarheid van producten en grondstoffen en het herstellend vermogen van natuurlijke hulpbronnen als uitgangspunt neemt, waardevernietiging in het totale systeem minimaliseert en waardecreatie in iedere schakel van het systeem nastreeft". RLI (2015)
5. "Een kringloopeconomie of circulaire economie is een economisch en industrieel systeem waarin geen eindige grondstofvoorraden worden uitgeput en waarin reststoffen volledig opnieuw worden ingezet in het systeem" wikipedia
... EU, Rijk, RWS, ...
Deltares

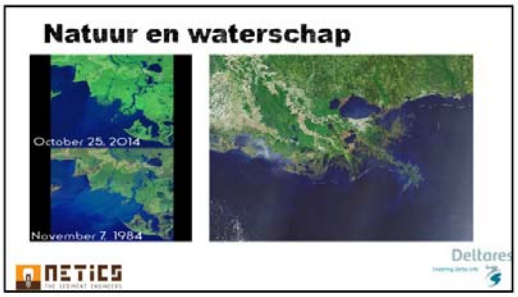
Key principes voor circulair baggergebruik
1. Maximum aan: VOORDELEN en WAARDE (Builds economic, natural, and social capital)
2. Maximum aan: Gesloten kringlopen en herbruikbaarheid
3. Minimum aan: Afvalproductie
Deltares

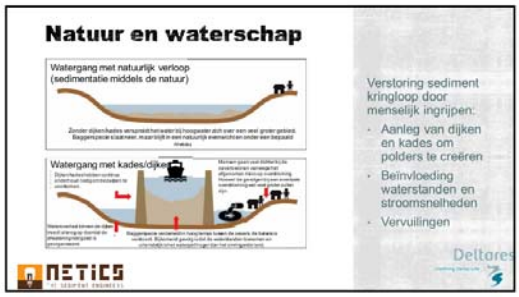
Key principes voor circulair baggergebruik
Natuur volgen
1. Maximum aan: VOORDELEN en WAARDE (Builds economic, natural, and social capital)
Samen met partners
2. Maximum aan: Gesloten kringlopen en herbruikbaarheid
3. Minimum aan: Afvalproductie
Deltares

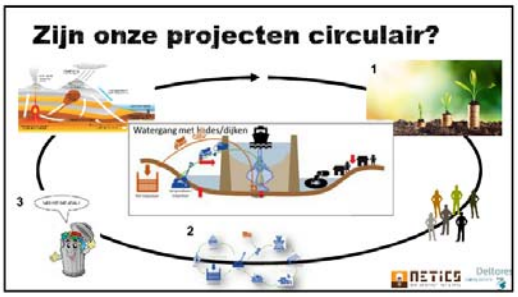
Key principes voor circulair baggergebruik
Natuur volgen
1. Maximum aan: VOORDELEN en WAARDE (Builds economic, natural, and social capital)
Samen met partners
2. Maximum aan: Gesloten kringlopen en herbruikbaarheid
3. Minimum aan: Afvalproductie
Circuliteit in de baggerketen, TAUW voor RWS:
1. Behoud natuurlijk kapitaal
2. Zo lang mogelijk in de kringloop houden
3. Als keten verlaat, dan negatieve gevolgen beperken


Natuur en waterschap
Gesloten kringloop op lange termijn en grote schaal
Deltares


Natuur en waterschap
October 25, 2014
November 7, 1984
Deltares
NETICS

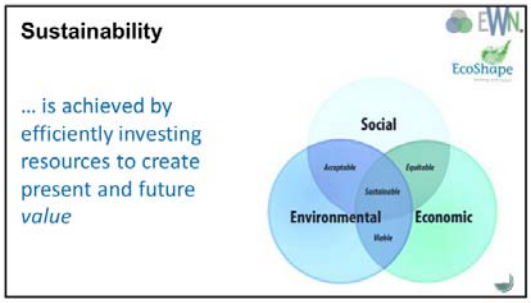

Natuur en waterschap
October 25, 2014
November 7, 1984
Deltares
NETICS


Natuur en waterschap
Watergang met natuurlijk verloop (sedimentatie middels de natuur)
Watergang met kades/dijken
Verstoring sediment kringloop door menselijk ingrijpen:
Aanleg van dijken en kades om polders te creëren
Beïnvloeding waterstanden en stroomsnelheden
Vervuilingen
Deltares
NETICS

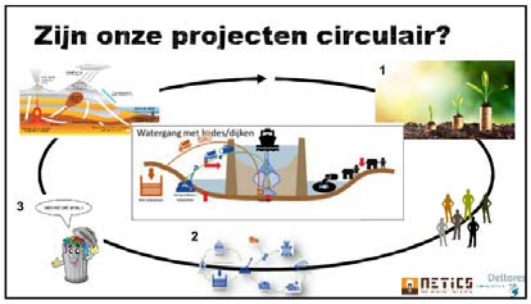

Zijn onze projecten circulair?
1
2
3
Watergang met kades/dijken
NETICS
Deltares

Nuttig hergebruik baggerspecie
CEDA Beneficial Sediment Use Working Group:
"the use of dredged or natural sediment in applications that are beneficial and in harmony to human and natural development"
Flood risk management
Navigability
Nature development
Water quality
Building material
Local economy

Nuttig hergebruik baggerspecie
EWN
EcoShape
HOE BEREIKEN WE 100% NUTTIG HERGEBRUIK?
Flood risk management
Navigability
Nature development
Water quality
Building material
Local economy


Sustainability
... is achieved by efficiently investing resources to create present and future *value*
Social
Environmental
Economic
Acceptable
Equitable
Sustainable
Viable
EcoShape

Internationale initatieven en publicaties
CEDA Working Group Beneficial Sediment Use
Engineering With Nature.
EcoShape
SedNet WG Sediment and Circular Economy
PIANC WG 214: Beneficial Use of Sediments


Zijn onze projecten circulair?
1
2
3
Watergang met kades/dijken

Case studies projecten
Pilot Legakkerherstel Loosdrechtse Plassen
GEOWALL® beschoeiing Oranjekanaal
Stedelijk gebied?

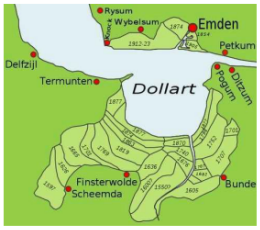
A.8. Presentatie Nuttig Toepassen Slib in de Eems-Dollard door Fred Haarman

Fred Haarman
Februari 2019

Nuttig Toepassen Slib
Op weg naar een rendabele slibeconomie

Achtergrond

- Ecologische knelpunten Eems-Dollard:
  - Overgangszones land-water (en zoet-zout) zijn verloren gegaan
  - Troebelheid toegenomen (hoge slibconcentratie)
  - Met als gevolg: Afname voedselproductie



Achtergrond

- Programma ED2050: Rijk en regio werken aan ecologische verbetering Eems-Dollard:
  - Hydromorfologische verbetering → maatregelen binnen watersysteem
  - Vitale kust → maatregelen langs de randen i.c.m. waterveiligheid
  - Nuttig toepassen slib → rendable toepassing op land
- Ambitie: jaarlijks onttrekken minimaal 1 mln ton slib vanaf 2022
- Opgave: ontwikkelen en opschalen van verschillende slibketens van onttrekken t/m toepassen slib

Nuttig Toepassen Slib

Projecten

- Klei rijpen voor dijkversterking
- Persen van Bouwelementen
- Slib voor zandgrondverbetering
- Ophogen landbouwgronden

Haalbaarheid Van idee tot pilot	Opschaling Van pilot tot regionale toepassing	Ketenoptimalisatie Van toepassing naar rendabele business	Ambitie 1 M ton/jaar vanaf 2022 3 M ton/jaar vanaf 2050
Pilot Kleirijperij		Inrichting grootschalige kleirijperij(en) en logistieke infrastructuur	Dijkversterking (40%)
Pilot Ophogen landbouwgronden met natte bagger		Inrichting grootschalige bufferlocatie(s) en logistieke infrastructuur	Ophogen landbouw-gronden (40%)
Pilot Waddenslib voor zandgrond-verbetering			Verbetering zandgronden (10%)
Pilot persen bouwelementen			Productie bouwelementen (10%)

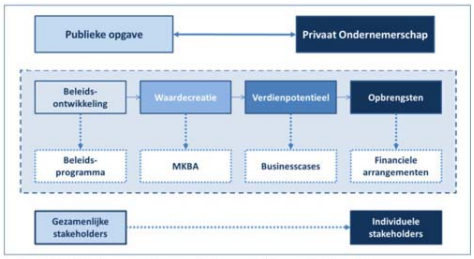
Opschaling toepassingen

Nuttige toepassing van slib uit Eems Dollard (in m3)

Toepassing	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Kleirijpen voor dijkversterking [1]		200.000	70.000					500.000	1.000.000
Persen bouwelementen[2]		100	3.000	35.000	100.000	250.000	250.000	250.000	250.000
Ophogen landbouwgronden[3]			50.000	50.000			500.000	1.000.000	1.000.000
Verbetering arme zandgronden[4]	2.000	2.000	2.000	2.000	50.000	100.000	250.000	250.000	250.000
Opwerken vervuild baggerslib voor keramische toepassing			500	10.000	50.000	100.000	150.000	250.000	250.000
Totaal m3	**2.000**	**202.100**	**125.500**	**97.000**	**200.000**	**450.000**	**1.150.000**	**2.250.000**	**2.750.000**
Totaal M ton ds	**0,00**	**0,08**	**0,05**	**0,04**	**0,08**	**0,18**	**0,46**	**0,90**	**1,10**

Pilot
Voorbereiding opschaling
Opschaling

Ontwikkeltraject



Bron: Gedeeld eigenaarschap, Lamberigts en Schipper, RHDHV, 2015

Kleirijpen voor dijkversterking

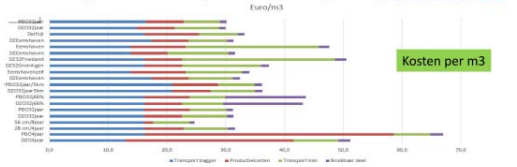
- Concept:
  - Gebaggerd slib uit havens en invanggebieden in de Eems-Dollard wordt op land gerijpt tot klei
  - Klei wordt gebruikt voor versterking van waterkeringen
  - Ongeschikt materiaal gebruiken voor landophoging
- Slibketen:
  - Baggeren → transport → kleirijpen → transport → dijkversterking
  - Stakeholders: slibleveranciers, grondeigenaren, bedrijfsleven, waterschappen, provincie, Rijk

Kleirijpen voor dijkversterking

- Baten en eigenaarschap
  - Verlaging slibconcentratie Eems-Dollard
  - Regionale werkgelegenheid
  - Gebruik van gebiedseigen materiaal → beperken CO2-emissie

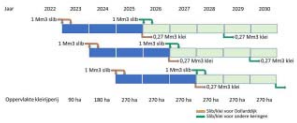
- Pilot:
  - Kennisontwikkeling: technisch, juridisch en financieel
  - Leverantie baggerslib (GSP / GL)
  - Verkenning optimale rijpingsstrategie in 2 kleirijperijen (EcoShape)
  - Toepassing klei in Brede Groene dijk (Waterschap Hunze en Aa's)

Kleirijpen voor dijkversterking



Volumes slib, klei en benodigd oppervlak voor kleirijping van 1 Mm3/jaar (rijpingsduur 3 zomerseizoenen)

Ruimtebeslag



Kleirijpen voor dijkversterking

- Opschaling:
  - Omvang potentieel te versterken dijken
  - Locatiekeuze en omvang kleirijperijen
  - Businesscase en MKBA
  - Kosten en financiering
  - Organisatie slibketen met publieke en private partijen
  - Afspraken, overeenkomsten en contracten
- Strategie:
  - Opschaling starten parallel aan pilot
  - Onzekerheden technische, financiele en juridische haalbaarheid reduceren door pilot
  - Vroegtijdig betrekken stakeholders en 'vastklikken' d.m.v. overeenkomsten
  - Faseren aanpak om continuïteit te borgen

Haalbaarheid Van idee tot pilot	Opschaling Van pilot tot regionale toepassing	Ketenoptimalisatie Van toepassing naar rendabele business	Ambitie 1 M ton/jr vanaf 2022 3 M ton/jr vanaf 2050
Pilot kleirijperij	Verkenning slibbronnen Potentie toepassing voor dijkversterkingen Inzicht in kosten en baten Stakeholder analyse	Inrichting grootschalige kleirijperijen) en logistieke infrastructuur	Dijkversterking (40%)
Technische haalbaarheid Financiële haalbaarheid Draagvlak	Potentiele hoeveelheid klei voor dijkversterking Financieringsopties Interesse vanuit bedrijfsleven Maatschappelijk draagvlak	Uitvoering dijkversterking Punt van Reide – Nieuwe Statenzijl met gerijpte klei	
Productie 100.000 m3 klei uit 300.000 m3 slib 2/3 voor dijkversterking 1/3 voor landophoging		Uitvoering dijkversterking Noord Nederland met gerijpte klei	
Vastleggen samenwerking en 'wenkend perspectief' in SOK (2017)	Besluit dijkversterking Punt van Reide- Nieuwe Statenzijl (12 km) met gerijpte klei (2024)	Bestuursovereenkomst klei uit slib voor dijkversterking Noord Nederland (2026)	
Intentieovereenkomst kleirijpen voor toepassen in dijkversterking (2021)			

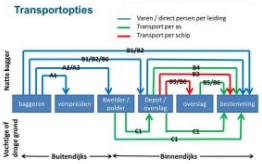
Pilot
Onderzoek
Resultaat
Besluit/overeenkomst
Doel/ambitie

Ophogen van landbouwgronden

- Concept:
  - Ophoging van lage landbouwgronden in veenoxidatiegebied met circa 1 meter slib
  - Landophoging Emden-Riepe (2800 ha) als voorbeeld
  - Combinatie met andere opgaven
- Baten en eigenaarschap
  - Slibonttrekking uit Eems-Dollard
  - Goede landbouwgronden, hogere opbrengst
  - Reductie CO2-emissie
  - Duurzame waterhuishouding

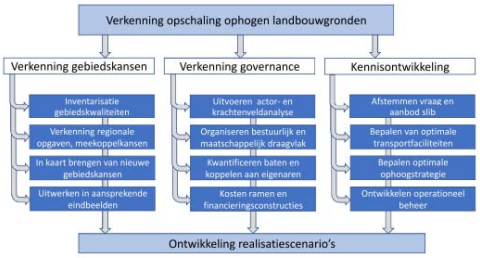
Ophogen landbouwgronden

- Slibketen:
  - Baggeren → overslag → transport → ophoging
  - Stakeholders: slibleveranciers, grondeigenaren, agrarische sector, waterschappen, gemeenten, provincie, Rijk

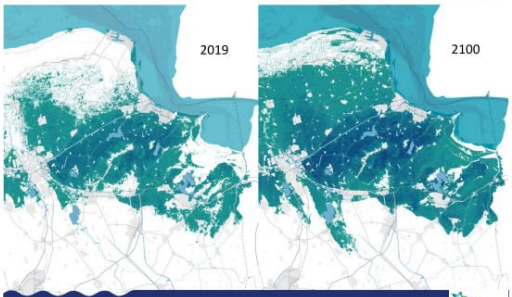


- Pilot:
  - Kennisontwikkeling: technisch, juridisch en financieel
  - Voorbeeldproject t.b.v. draagvlak
  - Baggerslib uit Eemshaven
  - Verkenning optimale transport- en ophoogstrategie
  - Ophoging van 3 ha landbouwgrond in veenoxidatiegebied

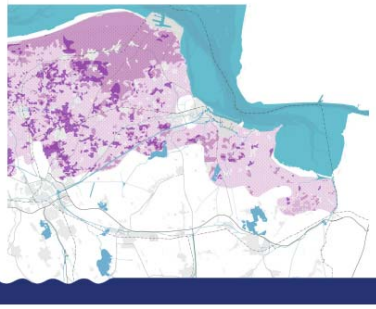
Ophogen landbouwgronden



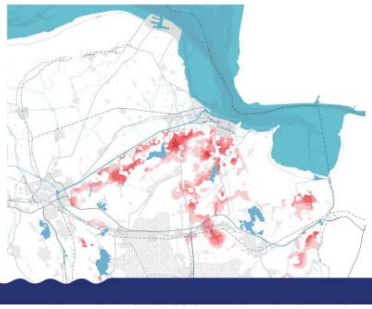
Maaiveld beneden NAP



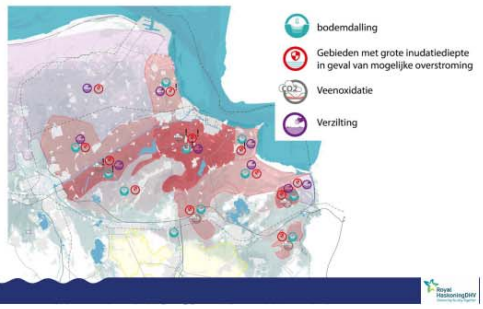
Verzilting



Veendikte (beheergebied H&A)

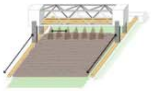


Zoekgebied voor ophoging



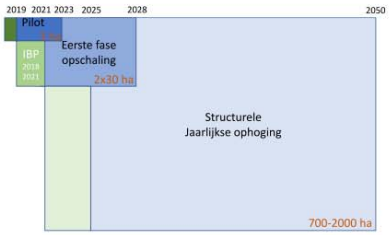
Ophoogprincipes

- Kunstmatige ophoging
  - Slibaanvoer uit havens per pijp
  - Laagsgewijs ophogen en daarna draineren
  - Doorlooptijd: 5-6 jaar
  - Ruimtebeslag: ca 150 ha (elk jaar 25-30 ha erbij)
  - Overal toepasbaar



- Natuurlijke ophoging
  - Slibaanvoer via natuurlijke instroming uit Eems-Dollard (afsluitbaar)
  - Natuurlijke sedimentatie gedurende 10-15 jaar
  - Kunstmatige afwerking tot geschikte landbouwgrond
  - Ruimtebeslag: circa 1500 ha (elke 10-15 jaar naar nieuwe locatie)
  - Toepasbaar in lage delen direct achter de kust

Uitwerking strategie



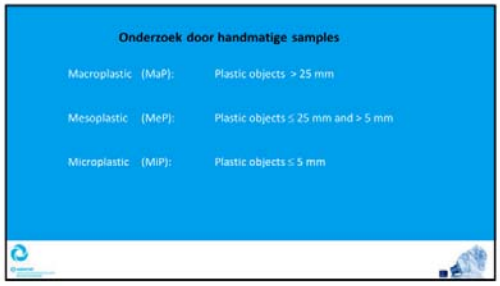
Voorbereiding opschaling

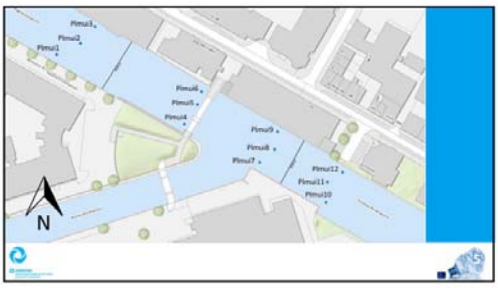
- Nadere uitwerking:
  - Meekoppelkansen uitwerken en borgen
  - Aansprekende landschappelijke eindbeelden uitwerken en communiceren
  - Relevante stakeholders identificeren en betrekken
  - Bestuurlijk draagvlak en ambassadeursschap opganiseren
  - (Maatschappelijke) baten kwantificeren en koppelen aan eigenaren
  - Kosten ramen en financieringsconstructies inventariseren
  - Juridische, maatschappelijke en technische knelpunten identificeren en beheersen
  - Realisatiescenario's ontwikkelen

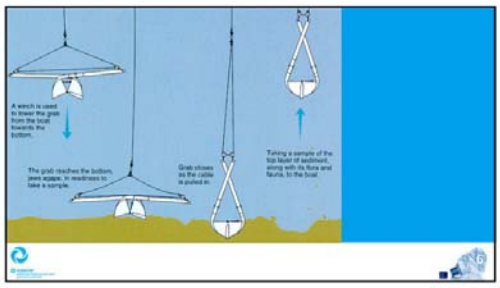
Haalbaarheid Van idee tot pilot	Opschaling Van pilot tot regionale toepassing	Ketenoptimalisatie Van toepassing naar rendabele business	Ambitie 1 M ton/jr vanaf 2022 3 M ton/jr vanaf 2050
Pilot ophogen landbouwgrond met natte bagger	Potentie toepassing voor landophoging Verkenning transport en overslag Verkenning omgevingsaspecten	Inrichting grootschalige bufferlocatie en logistieke infrastructuur	Ophogen landbouw-grond (40%)
Technische haalbaarheid Juridische haalbaarheid Financiële haalbaarheid Draagvlak	Inzicht in omvang potentieel op te hogen landbouwgronden Inzicht in kosten/baten en overlast omgeving Interesse vanuit de landbouw en bedrijfsleven	Ophoging van laaggelegen (veenoxidatie) gronden in provincie Groningen	
Verwerking 85.000 m3 slib Ophoging 80 cm over 3 ha Verhoging opbrengst		Overeenkomsten agrariërs voor levering van jaarlijks 1 M m3 slib (2024)	
Verklaring LTO-Noord en ANOG voor ondersteuning van het concept (2020)	Bestuursovereenkomst waterschap / provincie aanpak lage (veenoxidatie)gronden (2021)		
	Overeenkomsten met 10 agrariërs en transportsector (2021)		

Pilot
Onderzoek
Resultaat
Besluit/overeenkomst
Doel/ambitie

A.9. Introductie Casestudie Plantage Muidergracht door Karin Marrees







A.10. Introductie Casestudie Oranjekanaal door Gerrit Meijerink

A.11. Programma

#	Tijd	Programma onderdeel	Resultaat	Werkwijze	Wie & Wat nodig Openstaande vragen
1	9.00h	Introductie		• Opening door Stephanie: Welkom, doelen en agenda • Voorstellen + wat is circulair in 1 beeld of woord • Welkom door Fred de Haan: wat is het project, doel project, etc. stip op de horizon	Stephanie maakt flips met: • **Flip** Doelstellingen: (1) Wat is circulair (2) Case studies: Wat is circulair in projecten en wat is daar voor nodig (3) Om circulair doelen te bereiken wat is er nodig. Wat zijn de CB uitdagingen • **Flip** Agenda • **Flip** 'Wat is circulair?'
	9.15h	Circulair omgaan met baggerspecie (CB), wat is dat?	Gezamenlijk beeld over wat CB is: toepasbaar op case studies!	• Presentatie Eldert/Luca een stand van zaken en definitie mbt ComB • Feedback vragen aan de groep door Stephanie	
2	9.45h	Presentatie Fred Haarman	Inspiratie voor case studies	• Fred Haarman deelt twee case studies: Kleirijperij en blokken • De presentatie leidt tot 2 inzichten: (1) hoe zit opschalen ComB eruit? En (2) wat heb je er voor nodig (kritische factoren oid)	Stephanie maakt Flip • **Flip** wat heb je nodig
3	10.15h	Koffiepauze			
4	10.30h	CB voor case studies		10.30h Start met uitleg door Stephanie Introductie drie case studies kort 10.50h In groepen werken: wat is circulair en wat heb je nodig 11.30h Plenair terugkoppelen	Stephanie per groep 2 flips: • **Flip** wat is circulair in de case study • **Flip** wat heb je nodig om dat te bereiken. Stephanie, Eldert en Luca in verschillende groepen als moderator. Iedere groep levert twee flips op: (1) wat is opschalen ComB in dit project en (2) wat heb je nodig voor opschalen (kritische factoren?).
5	11.45h	Kennis vragen	Uitdagingen Kennis-ontwikkelgebieden	Uitdagingen voor CB	• Iedereen schrijft op Postits • Daarna discussie
6	12.15h	Afronden		Wat is er bereikt Wat zijn vervolgstappen (door Fred) Afspraken?	
7	12.30h	Lunch			Stephanie checkt lunch