

ZANDVERWIJDERING OP RWZI'S IN NEDERLAND



RAPPORT

2017
22

ZANDVERWIJDERING OP RWZI'S IN NEDERLAND
STAND VAN ZAKEN IN 2017

RAPPORT

2017

22

ISBN 978.90.5773.746.6



stowa@stowa.nl www.stowa.nl

TEL 033 460 32 00

Stationsplein 89 3818 LE Amersfoort

POSTBUS 2180 3800 CD AMERSFOORT

Publicaties van de STOWA kunt u bestellen op www.stowa.nl

COLOFON

UITGAVE Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
Postbus 2180
3800 CD Amersfoort

AUTEURS

Coen de Jong (Witteveen+Bos)
Anna Veldhoen (Witteveen+Bos)

BEGELEIDINGSCOMMISSIE

Marcel Baars (Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard)
Victor Claessen (Waterschap de Dommel)
Sabrina Koning (Waternet)
Steven Marijnissen (Waterschap Brabantse Delta)
Jo Nieuwlands (Waterschap Scheldestromen)
Cora Uijterlinde (STOWA)
Marlies Verhoeven (Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden)

DRUK Kruyt Grafisch Adviesbureau
STOWA STOWA 2017-22
ISBN 978.90.5773.746.6

COPYRIGHT Teksten en figuren uit dit rapport mogen alleen worden overgenomen met bronvermelding.
DISCLAIMER Deze uitgave is met de grootst mogelijke zorg samengesteld. Niettemin aanvaarden de auteurs en de uitgever geen enkele aansprakelijkheid voor mogelijke onjuistheden of eventuele gevolgen door toepassing van de inhoud van dit rapport.

TEN GELEIDE

Zand in het influent: iedere Nederlandse rioolwaterzuivering (rwzi) heeft ermee te maken. Toch wordt er relatief weinig aandacht aan besteed bij een nieuwe rwzi of bij het optimaliseren van bestaande zuiveringen. Zandverwijdering wordt niet beschouwd als innovatief of uitdagend: het wordt gezien als een bestaande techniek die al jaren uitontwikkeld is.

In de literatuur is echter weinig bekend over zandverwijdering vergeleken met andere onderdelen van een waterzuivering. De waterschappen kiezen ook niet allemaal dezelfde aanpak van zand. Sommige waterschappen zien geen meerwaarde in het verwijderen van zand, terwijl andere waterschappen zandverwijdering structureel toepassen. Deze verschillen in perceptie ontstaan deels door de sterke locatieafhankelijkheid die meespeelt. In regio's met fijn zand (duinzand, löss) is er een andere problematiek dan in regio's met grof zand of met een grotendeels op klei gebaseerde grondslag.

Deze kennisbundeling geeft een overzicht van de beschikbare literatuur. De literatuur is aangevuld met de belangrijkste overwegingen op basis van interviews met verschillende experts op het gebied van het ontwerpen van zandvangers en -wassers. Hierdoor biedt deze kennisbundeling een houvast en een richtlijn voor de waterschappen die aanpassingen aan hun strategie aangaande zandverwijdering overwegen.

SAMENVATTING

Dit document heeft de beschikbare informatie gebundeld over zand op rwzi's. Het geeft een overzicht van de belangrijkste aspecten van zandverwijdering.

ZAND

Er bestaan verschillende definities van zand. Dit rapport hanteert als definitie 'de volledige bezinkbare fractie groter van 200 μm tot circa 6 mm, met alle deeltjes die zich daarin bevinden'. Het is belangrijk om te bedenken dat een zandvanger meer deeltjes uit de waterfractie verwijdert dan alleen zand. De stroomsnelheid en de relatieve dichtheid van een deeltje bepalen of en hoe snel dit deeltje achterblijft in de zandvanger. De gangbare richtlijn van 200 μm is gebaseerd op berekeningen die uitgaan van ronde deeltjes van puur silicazand. Dit is een onrealistische afspiegeling van "echt" zand, maar kan goed dienen als ontwerprichtlijn, tenzij het aangevoerde zand een veel kleinere diameter heeft (bijvoorbeeld silt en duinzand). In dat geval is zand verwijderen zonder ook veel organisch materiaal te verwijderen erg lastig.

HET EFFECT VAN ZAND

Er zijn een aantal argumenten om zand te verwijderen uit het afvalwater. De zwaarte en relevantie van deze argumenten verschillen per waterschap en soms zelfs per zuivering. Veel waterschappen noemen slijtage als argument, al blijkt slijtage door zand blijkt in de praktijk lastig aan te tonen. Regelmatig (preventief) onderhoud en vervangen van systeemonderdelen (pompwaaiers etc.) voorkomen acute nadelige effecten. Hetzelfde geldt voor verstoppingen met zand en het in grote mate ophopen van zand in verschillende tanks: als de zuivering goed onderhouden en met enige regelmaat schoongemaakt wordt dan zullen de problemen beperkt zijn. Het lastige blijkt te zijn dat "met enige regelmaat" een rekbaar begrip is. Bij de ene zuivering zal deze frequentie hoger liggen dan bij de andere.

Een probleem dat niet is op te lossen door goed beheer en onderhoud, is de hoeveelheid zand die met het slib afgevoerd wordt. Door regelmatig de zandrest van het (primaire en surplus) slib te bepalen is een indicatie te krijgen van hoe goed de zandvangers werken en of er dus een doorslag van zand is naar het slib. Ook kan het zand zelf geanalyseerd worden om te bepalen hoeveel organisch materiaal er in zit.

Een combinatie van de twee bovengenoemde analyses geeft de beste indicatie: als er weinig zand in het slib zit en het zand een laag organisch gehalte heeft werken de zandvangers en zandwasser goed. Als er daarnaast weinig tot geen verstoppingen optreden en er niet excessief vaak onderhoud nodig is, wordt het zand effectief afgevangen. Bevat het slib weinig zand en het zand weinig organisch materiaal, maar zijn systeemdelen sterker onderhevig aan slijtage en verstopping tanks sneller dan gewenst, dan is extra aandacht voor de zandvangers nodig.

TECHNIEKEN

Dit rapport geeft een overzicht van verschillende technieken om zand te verwijderen en te wassen. De eerste generatie zandvangers is circa 60 jaar geleden ontworpen en is nog steeds in bedrijf op een groot aantal zuiveringen. Deze Dorr-Oliver zandvangers zijn robuust en worden voor veel waterschappen als eerste overwogen omdat dit een bewezen technologie is. De nieuwere generaties kunnen, afhankelijk van de leverancier en de zuivering, kleiner uitgelegd worden waardoor het ruimtebeslag en de investeringskosten lager kunnen uitvallen.

Zandverwijdering kan plaatsvinden in de waterlijn en in de sliblijn. Zandverwijdering in de waterlijn staat bekend als zeer robuust en zeer betrouwbaar, maar deze installaties brengen overwegend hogere investeringskosten met zich mee dan zandvangers in de sliblijn. Verwijdering van zand in de sliblijn vindt plaats op de primair slibstroom en is dus alleen mogelijk op locaties met een voorbezinktank. Zandvangers in de sliblijn (hydrocyclonen) zijn, binnen de operationele grenzen, goed in staat zand te verwijderen. Deze zandvangers vereisen lagere investeringskosten, maar zijn minder robuust dan zandvangers in de waterlijn.

Nadat het zand uit het water of slib is verwijderd is het wassen van het zand sterk aan te raden. Door organisch materiaal uit het slib te wassen neemt de hoeveelheid af te zetten materiaal af. Met het organisch materiaal wordt ook het vochtgehalte verlaagd. Tevens heeft het wassen van zand het gunstige effect dat de geuroverlast tijdens (tijdelijke) opslag sterk vermindert.

ONTWERP

Een ontwerpproces begint altijd met de vraag of er een zandvanger noodzakelijk is. De vraag die daaraan ten grondslag ligt is of zandverwijdering economisch rendabel is. Of dit het geval is, is een afweging tussen investeringskosten en besparingen op operationele lasten. Dit moet voor iedere individuele zuivering worden bekeken. Voor een eerste inschatting kan de methodologie gebruikt worden die is beschreven in bijlage I: Case studies.

Als de keuze eenmaal is gemaakt om zand te verwijderen is er een aantal factoren van belang om rekening mee te houden. De eerste factor is de hydraulische inpassing. Zandvangers hebben, afhankelijk van het type en de leverancier een bepaalde (opvoer)hoogte nodig. De vereiste hoogte moet hydraulisch passen in de hydraulische lijn van de zuivering. De tweede factor bij de keuze van een zandvanger in zowel waterlijn als sliblijn, is het aanvoerpatroon. Beide types zijn gebaat bij een constante toevoer. Daarnaast wordt een zandvanger ontworpen op een bepaald debiet. De verhouding tussen dit ontwerpdebiet en het werkelijke debiet bepaalt hoe goed de zandvanger functioneert. Een handvat om het juiste ontwerpdebiet te kiezen is de RWA/DWA-verhouding. Zandvangers hebben vaak enige flexibiliteit wat betreft de debietsrange die ze goed kunnen verwerken. Zodra op basis van de RWA/DWA-verhouding debieten verwacht kunnen worden die (ver) buiten deze flexibele range liggen is het verstandig om meerdere zandvangers parallel te schakelen en bij RWA het totale debiet te verdelen.

METEN IS WETEN

Het goed meten van de hoeveelheid zand en de verwijderingsefficiëntie van zandvangers blijkt lastig. Doordat er nog geen gestandaardiseerde bepalingen zijn om zandgehalten in het influent te bepalen, is het niet mogelijk een sluitende massabalans van zand te maken over een zandvanger of een zuivering.

DE STOWA IN HET KORT

STOWA is het kenniscentrum van de regionale waterbeheerders (veelal 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. Deze kennis kan liggen op toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk-juridisch of sociaalwetenschappelijk gebied.

STOWA werkt in hoge mate vraaggestuurd. We inventariseren nauwgezet welke kennisvragen waterschappen hebben en zetten die vragen uit bij de juiste kennisleveranciers. Het initiatief daarvoor ligt veelal bij de kennisvragende waterbeheerders, maar soms ook bij kennisinstellingen en het bedrijfsleven. Dit tweerichtingsverkeer stimuleert vernieuwing en innovatie.

Vraaggestuurd werken betekent ook dat we zelf voortdurend op zoek zijn naar de 'kennisvragen van morgen' – de vragen die we graag op de agenda zetten nog voordat iemand ze gesteld heeft – om optimaal voorbereid te zijn op de toekomst.

STOWA ontzorgt de waterbeheerders. Wij nemen de aanbesteding en begeleiding van de gezamenlijke kennisprojecten op ons. Wij zorgen ervoor dat waterbeheerders verbonden blijven met deze projecten en er ook 'eigenaar' van zijn. Dit om te waarborgen dat de juiste kennisvragen worden beantwoord. De projecten worden begeleid door commissies waar regionale waterbeheerders zelf deel van uitmaken. De grote onderzoekslijnen worden per werkveld uitgezet en verantwoord door speciale programmacommissies. Ook hierin hebben de regionale waterbeheerders zitting.

STOWA verbindt niet alleen kennisvragers en kennisleveranciers, maar ook de regionale waterbeheerders onderling. Door de samenwerking van de waterbeheerders binnen STOWA zijn zij samen verantwoordelijk voor de programmering, zetten zij gezamenlijk de koers uit, worden meerdere waterschappen bij één en het zelfde onderzoek betrokken en komen de resultaten sneller ten goede van alle waterschappen.

De grondbeginselen van STOWA zijn verwoord in onze missie:

Het samen met regionale waterbeheerders definiëren van hun kennisbehoeften op het gebied van het waterbeheer en het voor én met deze beheerders (laten) ontwikkelen, bijeenbrengen, beschikbaar maken, delen, verankeren en implementeren van de benodigde kennis.

ZANDVERWIJDERING OP RWZI'S IN NEDERLAND

STAND VAN ZAKEN IN 2017

INHOUD

	TEN GELEIDE	
	SAMENVATTING	
	DE STOWA IN HET KORT	
1	INLEIDING	1
1.1	Achtergrond	1
1.2	Doelstelling	2
1.3	Leeswijzer	2
2	AANPAK	3
3	ZAND	4
3.1	Definitie	4
3.2	Oorsprong en samenstelling	5
4	VERWIJDEREN EN WASSEN VAN ZAND	8
4.1	Redenen om zand te verwijderen	8
4.1.1	Slijtage	9
4.1.2	Verstopping	9
4.1.3	Verminderd volume	9
4.1.4	Verminderen slibafvoer	10
4.1.5	Verwijdering van zand uit tanks	10
4.2	Zand niet verwijderen	10
4.3	Verschuivingen in de tijd	11
4.4	Theorie van zandverwijdering	11
4.5	Theorie van zandwassing	13
4.6	Aanvullende informatie	14
4.6.1	Homogeniteit	15
4.6.2	Gladheid en vorm	15

5	TECHNIEKEN	17
5.1	Eenvoudige zandvanger/bezinkingsbak	17
5.2	Horizontale gootzandvanger	18
5.3	Horizontale vierkante zandvanger	19
5.4	Vortex zandvanger	20
5.5	Beluchte zandvanger	21
5.6	Hydrocycloon	23
5.7	Zandtransport uit de zandvanger	23
5.8	Toegepaste zandverwijderingstechnieken	24
5.9	Typen zandwassers	25
5.10	Toegepaste zandwastechnieken	26
6	ONTWERPRICHTLIJNEN	27
6.1	Aandachtspunten bij ontwerp	27
6.1.1	Wel of niet zand verwijderen	27
6.1.2	Kennis van het systeem	27
6.1.3	Omgevingsfactoren	28
6.1.4	RWA en DWA	29
6.1.5	Roostergoedverwijdering	29
6.1.6	Hydraulische inpassing	30
6.2	Toegepaste richtlijnen en ontwerpmethodologie	30
7	BEDRIJFSVOERING EN OPTIMALISATIE	32
7.1	Bedrijfsvoering	32
7.2	Optimalisatiemogelijkheden	32
7.2.1	Versmallen aanvoerkanaal	32
7.2.2	Aanvoersnelheid	33
7.2.3	Bijstellen van een vlakzandvanger	33
7.2.4	Voorkoming van zandophoping	33
7.2.5	Zandwassen	33
7.3	Controleparameters: meten is weten	33
7.4	Hergebruik van zand	34
8	SYNTHESE	36
9	REFERENTIES	37
Bijlage I	Case Studies	39
Bijlage II	Influentbemonsteringstechnieken	49
Bijlage III	Grondslag van het aanvoergebied en zandproductie	51
Bijlage IV	Uitgewerkte interviews	55
Bijlage V	ENQUÊTEvragen	73

1

INLEIDING

Zand in het influent: iedere Nederlandse rioolwaterzuivering (rwzi) heeft ermee te maken. Toch wordt er relatief weinig aandacht aan besteed bij een nieuwe rwzi of bij het optimaliseren van bestaande zuiveringen. Bovendien verschilt de wijze waarop met de aanvoer van zand wordt omgegaan van waterschap tot waterschap en van locatie tot locatie. Ook blijken er grote onderlinge verschillen te zijn in de mate waarin zand als probleem wordt ervaren en in de hoeveelheid aandacht die er is voor de verwijdering van zand.

1.1 ACHTERGROND

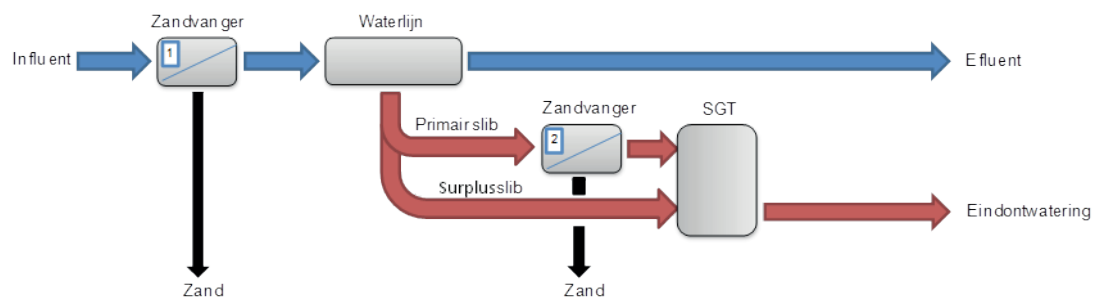
Op rioolwaterzuiveringsinstallaties (rwzi's) hoopt zand op in diverse tanks, zoals buffertanks, selectoren, actief slibtanks en slibgistingstanks. Dit is te zien op afbeelding 1.1 hieronder. Door het inerte karakter van het zand neemt het actieve volume en daarmee de effectiviteit in het functioneren van de tanks af. Daarnaast wordt ten minste een deel van het niet afgevangen zand afgevoerd met het slib. Dit zorgt voor een verhoogde massa van het af te voeren materiaal, wat leidt tot extra kosten. Zand kan zich afzetten in (transport)leidingen, waar het kan aangroeien en verstoppingen veroorzaken. Ten slotte kan de schurende werking van zand pompen en leidingen sneller laten slijten of beschadigen. Zand kan, kortom, op diverse manieren problemen opleveren op een rwzi.

AFBEELDING 1.1 VOORBEELD VAN EEN TANK MET BEZONKEN ZAND (1)



Om zand dat binnenkomt met het influent uit het afvalwater te verwijderen, kan een zand-vanger worden toegepast. Dit kan op twee plaatsen: in de water- of sliblijn (zie afbeelding 1.2).

AFBEELDING 1.2 OPTIES VOOR ZANDVERWIJDERING OP EEN RWZI



Vaak wordt een zandwasser nageschakeld om het zand zoveel mogelijk te ontdoen van organisch materiaal zodat dit geen overlast (bijvoorbeeld geur) veroorzaakt en minder gemakkelijk water vasthoudt.

1.2 DOELSTELLING

In dit document is de beschikbare (objectieve) kennis over zandverwijdering en zandwassing in kaart gebracht en gebundeld. Hiermee kunnen waterschappen hun bedrijfsvoering verbeteren en bij renovatie of nieuwbouw een verantwoorde keuze maken over zandverwijdering.

1.3 LEESWIJZER

Dit document begint met het uitleggen van de werkwijze (hoofdstuk 2, Aanpak). Deze kennisbundeling bestaat uit zeven hoofdstukken die ieder een verschillend thema behandelen. De hoofdstukken zijn globaal opgesplitst in twee onderdelen: theorie en praktijk. Hoofdstukken 3 en 4 behandelen de theorie, hoofdstukken 5 tot 7 de praktijk.

Het eerste deel gaat in op de theorie van zand, zand vangen en zand wassen. Hoofdstuk 3 gaat in op het zand zelf. In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de definitie, de oorsprong en de samenstelling van het zand zoals dat op rwzi's aangetroffen wordt. Hoofdstuk 4 gaat in op de redenen om zand te verwijderen uit afvalwater en hoe deze motieven zijn veranderd in de tijd. Daarna wordt de theorie van zandverwijdering en zandwassing besproken.

Hoofdstuk 5 geeft een overzicht van de veelvoorkomende types zandvangers en -wassers. Hoofdstuk 6 brengt de aandachtspunten bij het ontwerpen en aanleggen van zandvangers in beeld. Hoofdstuk 7 gaat vervolgens in op de aanpassing van bedrijfsvoeringaspecten die leiden tot betere verwijdering van zand en tot zand van een hogere kwaliteit.

Hoofdstuk 8 sluit vervolgens dit document af met een synthese van deze kennisbundeling.

2

AANPAK

Dit document is samengesteld op basis van drie informatiebronnen: literatuur, interviews en enquêtes. Door de informatie uit deze drie bronnen te combineren is een beeld geschetst van de huidige stand van zaken en is informatie verkregen over het ontwerp en de bedrijfsvoering van zandverwijderingsapparatuur.

Het doel van de literatuurstudie is om de theorie van zand, zandverwijdering en zandwassing te verzamelen en de algemeen geldende ontwerpgrondslagen te achterhalen. Voor deze theoretische onderbouwing zijn voornamelijk de bekende kennisbundelingen over (afval)waterzuivering geraadpleegd (1-3). Daarnaast zijn ook de gegevens van de Nederlandse zuiveringen zoals die bekend zijn bij het CBS gebruikt om een beter beeld te krijgen van de in Nederland toegepaste technieken.

De interviews hebben tot doel inzicht te geven in de praktijkervaringen van experts. Zij geven een goed beeld van hoe de markt werkt, wat voor veranderingen er over de jaren plaats heeft gevonden, welke zaken over het hoofd worden gezien tijdens ontwerp en beheer en hoe hiermee rekening gehouden kan worden in de toekomst.

De interviews zijn uitgevoerd met verschillende experts uit het veld. Technologen en werktuigbouwkundigen van de verschillende Nederlandse ingenieursbureaus (4-7) zijn geïnterviewd. Het ging om: Berend Reitsma (TAUW), Eric van der Zandt (Arcadis), Marius Jansen (Sweco) en Teun Keurhorst (Witteveen+Bos).

Daarnaast zijn ook vertegenwoordigers van de grote leveranciers van zandverwijderingsapparatuur geïnterviewd (8-12). Dit waren Danny Bogema en Rob Haak (Machinefabriek Bosker, Nederlandse vertegenwoordiger van Ovivo/Jacopa/Jones and Atwood), Aad Brussee (Dutch Spiral, Nederlandse vertegenwoordiger van Huber Technology), Peter Tegtmeier (Bilfinger Duitsland, leverancier van o.a. Geiger, Passavant en Noggerath), Perry Pylyser (Dewekon, België, leverancier eigen merk) en Paul Barter (Hydro International, Verenigd Koninkrijk, leverancier eigen merk). Alle interviews zijn te lezen in bijlage IV.

Het doel van de enquête was om de huidige situatie bij alle Nederlandse waterschappen in kaart te brengen en om een aantal leerzame gevallen onder het voetlicht te brengen. De enquête bestond uit twee delen, een verkennende pre-enquête op waterschapsniveau, waaruit algemene informatie gehaald is. 17 van de 21 Nederlandse waterschappen hebben deelgenomen aan deze enquête. De enquête is ingevuld door een technoloog van ieder waterschap. Op basis van de resultaten is een diepgaande enquête verstuurd naar een aantal specifiek uitgekozen zuiveringen om een beter beeld te krijgen van de echte praktijkervaring in het veld. Deze enquête is ingevuld door een technoloog samen met een beheerder per waterschap. De vragen die gesteld zijn in beide enquêtes zijn te vinden in bijlage V.

3

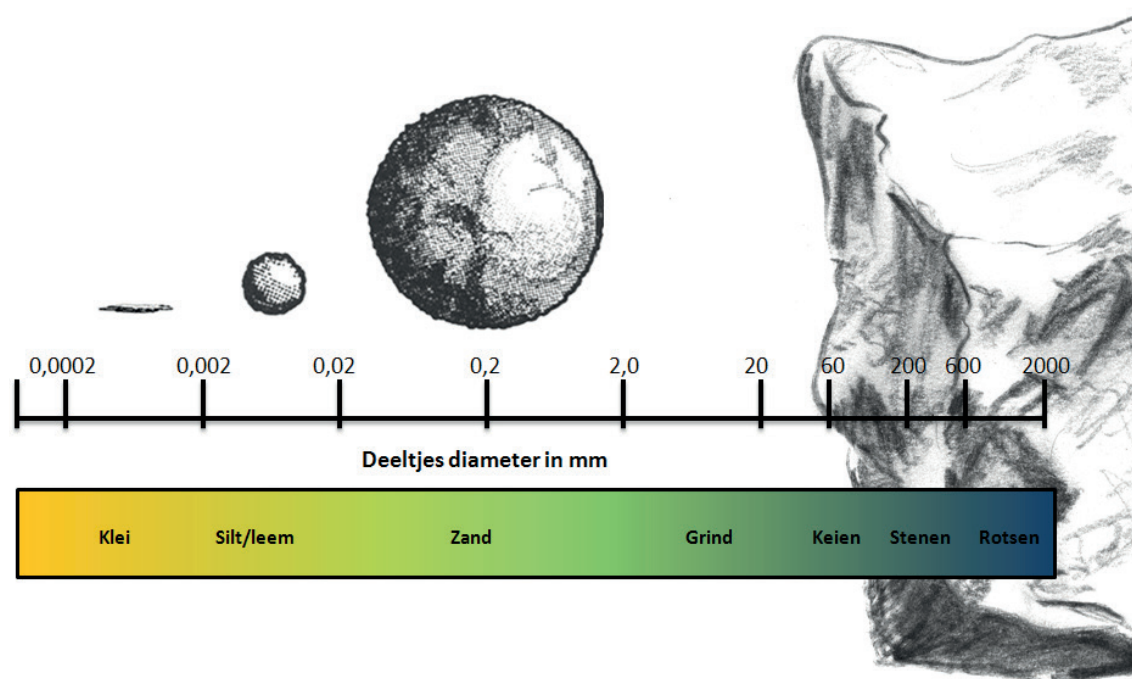
ZAND

Alvorens in te gaan op de theorie van zandverwijdering, is het noodzakelijk om in te gaan op het zand zelf. Daarmee geven we een eenduidige definitie van 'zand'. Daarnaast belicht dit hoofdstuk waar zand op een rwzi vandaan komt en wat de samenstelling van het zand is.

3.1 DEFINITIE

Zand wordt in de literatuur op verschillende manieren gedefinieerd, de gemene deler in de meeste definities is: "Minerale deeltjes met een korrelgrootte van 0,05 - 2 mm" (13). Dit is echter een definitie die voornamelijk afkomstig is uit de bodemkunde en daarom geen werk-bare definitie voor zandverwijdering. Afbeelding 3.1 geeft een beeld van de meest gebruikte bewoordingen voor zand- en gronddeeltjes en de bijbehorende korrelgroottes.

AFBEELDING 3.1 VERSCHILLENDE (BODEMKUNDIGE) DEELTJES EN BENAMINGEN



Nederlandstalige theorie over waterzuivering (3) heeft het over "zand en anorganische stoffen" zonder deze verder te definiëren. Een van de ontwerpprincipes van Koot (3) is dat in een goed werkende zandvang "zand" met een diameter van 0,1-0,2 millimeter en groter in een zo schoon mogelijke toestand (met zo min mogelijk organisch materiaal) verwijderd moet worden.

In het Engels spreekt men van "grit", een fractie die bestaat uit een mengsel van deeltjes met een bezinkingssnelheid en relatieve dichtheid (afgekort tot SG, naar de Engelse benaming

specific gravity) die substantieel groter is dan die van de organische fractie in het afvalwater. De relatieve dichtheid geeft aan of een stof de neiging heeft om te zinken ($SG > 1$), of te drijven ($SG < 1$).

De relatieve dichtheid van een stof is gedefinieerd als de dichtheid van die stof relatief tot de dichtheid van water. De relatieve dichtheid is te bepalen met vergelijking 3.1, waarin SG de relatieve dichtheid is (dimensieloos getal), ρ_{stof} de dichtheid van de stof (kg/m^3) en ρ_{water} de dichtheid van water (kg/m^3) bij een temperatuur van 4°C en een druk van 1 atmosfeer (water heeft dan een dichtheid van 1000 kg/m^3).

VERGELIJKING 3.1
$$SG = \frac{\rho_{\text{stof}}}{\rho_{\text{water}}}$$

Grit kan onder andere bestaan uit (bodembkundig) zand, kiezels, sintels, en zware, slecht afbreekbare deeltjes van organische oorsprong zoals eierschalen, botsplinters, zaden, koffiedik en voedselafval (1,2,14).

Uit interviews met adviseurs en leveranciers komt in grote lijnen een eenduidige definitie van zand. Zand is volgens de experts voornamelijk anorganisch materiaal, en kan naast (bodembkundig) zand onder andere steen, stokjes, pitjes, zaden en slijpseldeeltjes bevatten. Verder wordt genoemd dat het zand materiaal is met een bepaalde zwaarte, korrelgrootte en hardheid, met de bijbehorende schurende eigenschappen.

De zwaarte van zand wordt genoemd omdat het zand sneller bezinkt dan het slib en ander organisch materiaal. Dit wordt door veel experts nader gespecificeerd door de relatieve dichtheid, zoals hierboven beschreven. Over het algemeen wordt een waarde van 2,6-2,7 (-) aangehouden. Volgens de theorie (1-3) geldt deze waarde voor schoon (kwarts)zand bij $15,5^\circ\text{C}$ (2). De temperatuur is belangrijk, omdat bij toenemende warmte bezinking sneller gaat door verlaagde viscositeit. Er kunnen ook lagere waarden voorkomen als organisch materiaal vasthecht aan zand, waardoor de SG kan zakken naar 1,3 (-) of nog lager (1,15).

De (korrel)grootte van zand die in bestekken wordt aangehouden is, volgens de leveranciers, meestal een standaardgrootte van tussen de 160 en $220 \mu\text{m}$ die tot 95% verwijderd moet kunnen worden.

Dit document gebruikt, tenzij anders gespecificeerd, het woord “zand” in de gebruikelijke brede zin, zoals het Engelse “grit”: de volledige bezinkbare fractie groter van $200 \mu\text{m}$ tot circa 6 mm, met alle deeltjes erin, en dus niet alleen het bodembkundige “zand”.

3.2 OORSPRONG EN SAMENSTELLING

Het zand wordt aangevoerd via de riolering. Afhankelijk van de configuratie van de riolering (gecombineerde regen- en afvalwaterafvoer, of gescheiden afvoer, persleiding of vrij verval, het verhang van de riolering) kan zand in meer of mindere mate aangevoerd worden. De hoeveelheid en aard van het zand dat zich in afvalwater bevindt is afhankelijk van een aantal factoren (gebaseerd op expertinterviews en theorie (3)):

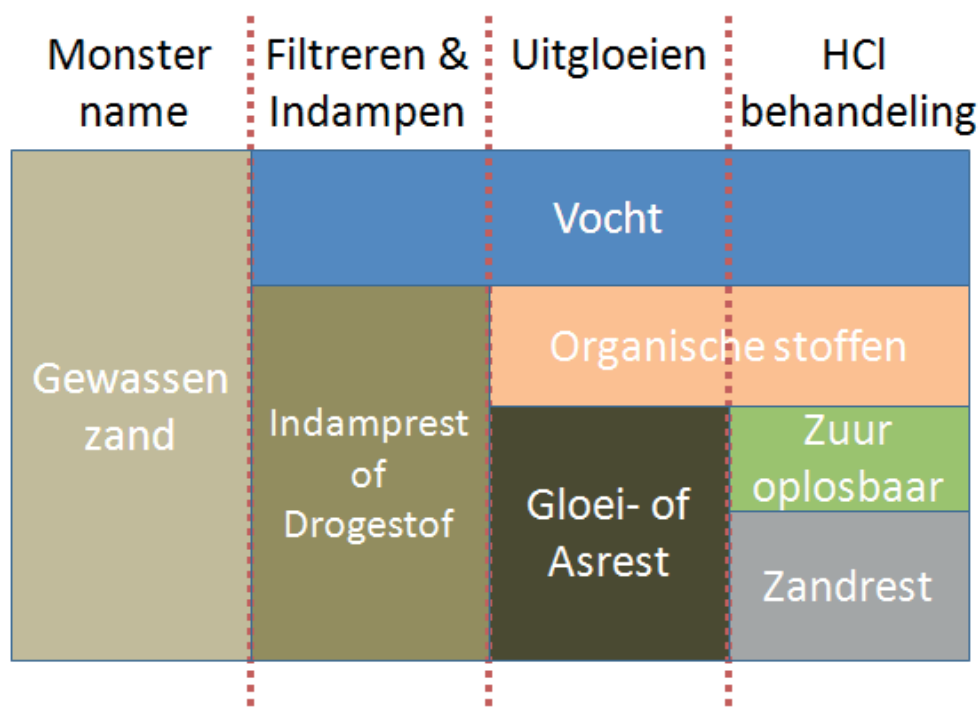
- oppervlakte van het gerioleerde gebied;
- bodembkundige aard van het gerioleerde gebied;
- aanwezigheid van nieuwbouw in het aanvoergebied;
- bevolkingsgrootte;

- klimaat (bijvoorbeeld zand strooien in de winter als gladheidsbestrijding);
- type straatoppervlak;
- constructie en onderhoudstoestand van de riolen;
- verval van de riolen;
- hoeveelheid afvalwater;
- type industriewater dat aangesloten is op de zuivering;
- toegepaste inlaatkolken.

De samenstelling van het zand is zeer variabel. Als maat hiervoor wordt vaak het verwijderde zand geanalyseerd (afgevangen/gewassen zand). Vochtgehalten van dit zand kunnen variëren (13% - 65%), als ook het gehalte organische stof (1%-56%) (2).

Zoals in afbeelding 3.2 is weergegeven bestaat de analyse uit een aantal stappen. Allereerst wordt het monster genomen volgens NEN-EN-ISO 5667-13:2011 (16). Uit dit monster worden de indamprest (= drogestof) en de gloeirest bepaald volgens koepelnorm NEN6499:2014 (18) en onderliggende normen. Indampen levert het vochtgehalte en het drogestofgehalte op (de vaste stoffen en zouten). In de analyse wordt de indamprest bepaald in tegenstelling tot de onopgeloste stof (de hoeveelheid vaste stof na filtratie en drogen), omdat het drogestofgehalte hoger is dan 1%. Als vervolgens de vaste stoffen worden uitgedroogd, dan zullen de meeste stoffen verbranden (de organische stoffen). Het materiaal dat overblijft wordt as (asrest of asfractie) genoemd. Deze asfractie kan vervolgens met zoutzuur behandeld worden (NEN6622:1988, 19), waardoor er een scheiding gemaakt wordt in zuuroplosbare stoffen en niet zuuroplosbare stoffen. De niet oplosbare fractie wordt zandfractie of zandrest genoemd.

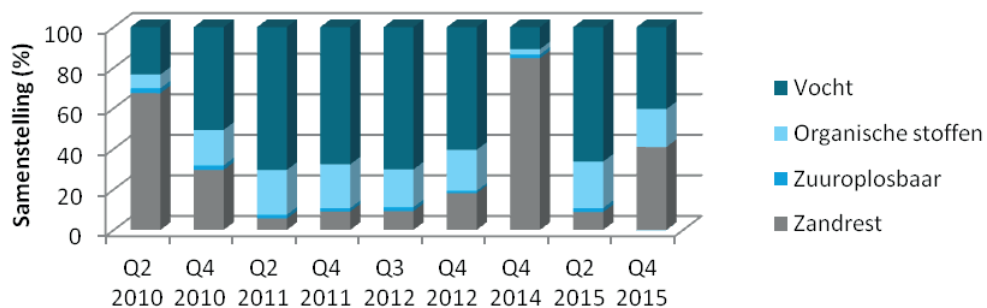
AFBEELDING 3.2 ANALYSETECHNIEKEN EN SAMENSTELLING VAN (GEWASSEN) ZAND



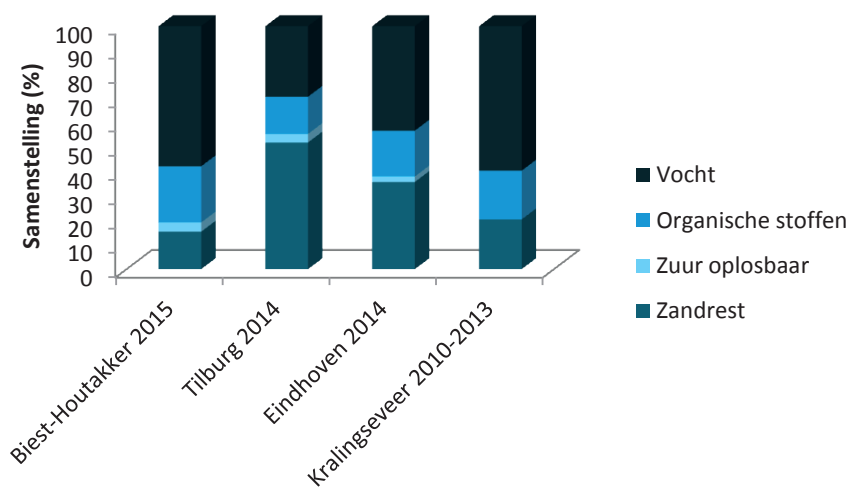
Om een beeld te geven van de variabiliteit van de samenstelling van zand in de tijd is in afbeelding 3.3 de samenstelling van het zand van de RWZI Eindhoven gegeven (gebaseerd op (20)). Soms bevat het gewassen materiaal >70% zandrest, terwijl de zuivering ook tijden kent waar de zandrest lager is dan 10%. Ook tussen zuiveringen verschilt de samenstelling van het

gewassen zand sterk, zoals te zien is in afbeelding 3.4. Ook hier zijn gemiddelde zandgehalten van <15% te zien terwijl er ook zandgehalten tot gemiddeld 60% worden waargenomen.

AFBEELDING 3.3 SAMENSTELLING VAN GEWASSEN ZAND VAN RWZI EINDHOVEN (LOSSE MEETPUNTEN TUSSEN 2010 EN 2015)



AFBEELDING 3.4 SAMENSTELLING VAN GEWASSEN ZAND OP VERSCHILLENDE ZUIVERINGEN (BESCHIKBARE DATA TUSSEN 2010 EN 2015)



4

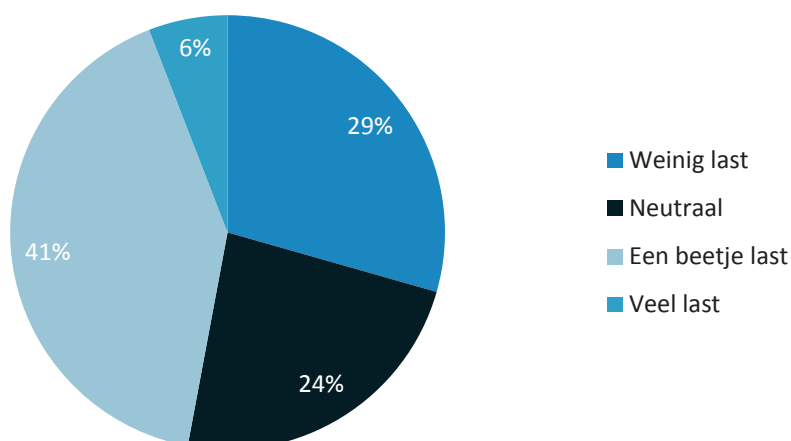
VERWIJDEREN EN WASSEN VAN ZAND

4.1 REDENEN OM ZAND TE VERWIJDEREN

Nu de definitie van zand helder is, is de volgende stap de vraag waarom zand wel of niet verwijderd moet worden uit afvalwater. Allereerst is de vraag hoeveel overlast van zand er eigenlijk is. Deze vraag is gesteld in de enquête. Onderstaande grafiek geeft inzicht in de overlast van zand die de Nederlandse waterschappen ervaren.

Zoals te zien is in afbeelding 4.1 ervaren de meeste waterschappen geen of weinig overlast van zand. Dit kan zowel komen doordat het zand goed wordt afgevangen en daardoor geen last veroorzaakt, of doordat het zand ook zonder dit goed af te vangen niet tot noemenswaardige problemen leidt. Iets meer dan de helft van de waterschappen geeft aan neutraal te zijn of weinig last te hebben. 41% van de respondenten geeft aan een beetje last van zand te hebben en slechts 6% van de waterschappen geeft aan veel last te hebben van zand in hun systemen.

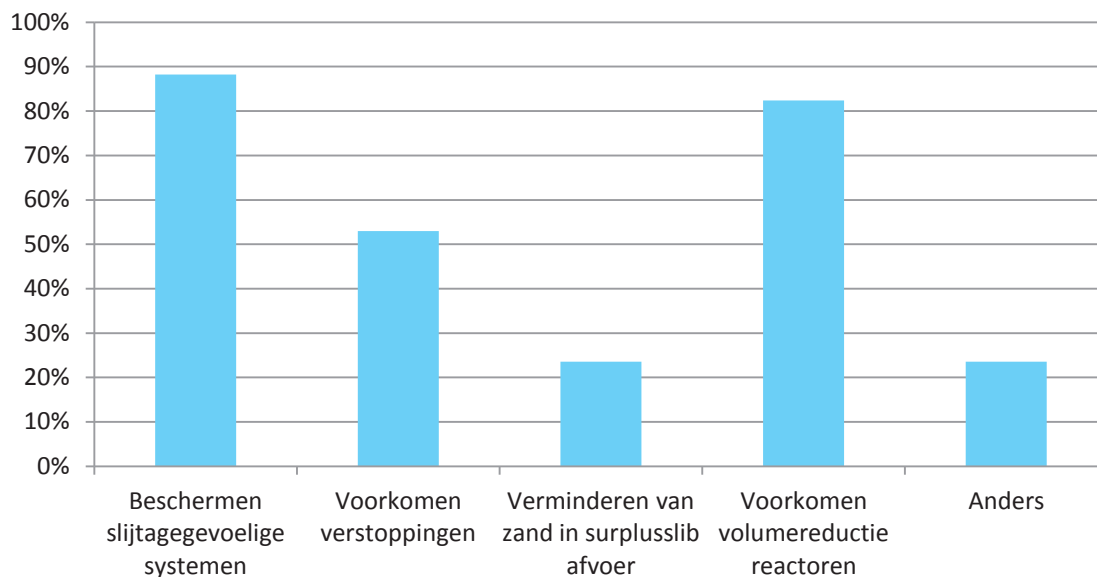
AFBEELDING 4.1 OVERLAST VAN ZAND ERVAREN DOOR DE WATERSCHAPPEN¹



Afbeelding 4.2 geeft de redenen om zand te verwijderen, zoals aangegeven door de waterschappen. De meest genoemde reden om zand te verwijderen is het beschermen van slijtagegevoelige systemen, gevolgd door het voorkomen van volumereductie in reactoren en het voorkomen van verstoppingen. Het verminderen van zand in de slibafvoer wordt in ongeveer een kwart van de gevallen genoemd. Onder overige redenen werden vooral aspecten genoemd die in de hierboven genoemde categorieën vallen, met als toevoeging dat de beluchtingselementen van bellenbeluchting niet in zand moeten liggen omdat deze daardoor aan effectiviteit verliezen. De volgende paragrafen gaan verder in op deze redenen en voegen daar de overwegingen van de adviesbureaus en leveranciers aan toe.

¹ Terminologie zoals gebruikt in de enquête.

AFBEELDING 4.2 REDENEN OM ZAND TE VERWIJDEREN GENOEMD DOOR DE WATERSCHAPPEN



4.1.1 SLIJTAGE

Het behoud van de mechanische functionaliteit van de afvalwaterzuivering is een factor die door de waterschappen als belangrijkste wordt genoemd. Het is volgens de adviesbureaus echter lastig om in de praktijk aan te tonen hoeveel schade ontstaat aan mechanische onderdelen door slijtage. Over het algemeen is slijtage een geleidelijk proces dat goed te onderhouden is door onderhoud. Dit zorgt wel voor extra kosten, maar is vaak geen acuut probleem. Een aantal van de geïnterviewden noemt dat het wel een acuut probleem kan vormen als er plotseling een onderdeel defect blijkt.

Als het zand zorgt voor schade aan mechanische onderdelen is dit een directe aanleiding om het zand te verwijderen (3). Het is bekend dat zand schadelijk is voor centrifuges, warmtewisselaars, membranen en verschillende soorten pompen, vooral mohnpompen (excentrische wormpompen) en membraanpompen (1,14). Vooral de deeltjesfractie >200 µm zorgt voor slijtage aan mechanische onderdelen (2).

4.1.2 VERSTOPPING

Een tweede reden om zand te verwijderen is de mogelijke ophoping van zand en deeltjes in transportsystemen, zoals leidingen. Het zand kan zich hier afzetten en samenklonteren tot een dikkere massa/laag. Dit veroorzaakt vervolgens extra hydraulische weerstand waardoor andere systeemonderdelen minder goed functioneren.

Naast de langzame ophoping die hierboven is beschreven, kan zanddepositie ook leiden tot (acute) verstoppingen van systeemonderdelen, zoals leidingen, selector, anaerobe tanks, beluchtingtanks, slibopslagtanks en slibgistingtanks. Daarnaast wordt zand dat zich afzet in beluchtingtanks met bellenbeluchting als een recent probleem genoemd omdat de bellenbeluchters gevoeliger zijn voor zanddepositie dan de puntbeluchters die voorheen voornamelijk gebruikt werden.

4.1.3 VERMINDERD VOLUME

Een kleiner actief volume in de zuivering kan leiden tot verminderde zuiveringsprestaties. Als zand niet aan het begin van de zuivering wordt afgescheiden, kan het verderop bezinken.

Bezonken zand verkleint het actieve volume van de (bio)reactoren. Er is hier een onderscheid te maken tussen ophoping in de beluchtingtanks en in de slibgisting. De gevolgen van ophoping in de beluchtingtanks zijn mogelijke verslechtering van effluentkwaliteit door een verkleind actief volume, terwijl ditzelfde kleinere volume in de gistingstanks leidt tot lagere afbraak door kortere verblijftijd en dus minder biogas en meer slib dat afgevoerd moet worden.

In beluchte tanks, in tegenstelling tot gistingstanks, is de verwijdering van zand over het algemeen minder problematisch omdat dit veelal open structuren zijn, waar het relatief eenvoudig is om met een grijper zand te verwijderen. Er is recentelijk een trend om meer onderdelen af te dekken in verband met geuroverlast. Door deze afdekkingen zijn de bodems van de tanks moeilijker te bereiken met grijpers. Hierdoor kan schoonmaken lastiger worden.

4.1.4 VERMINDEREN SLIBAFVOER

Zuiveringsslib van een rwzi wordt tegen kosten afgevoerd. Ook voor het aandeel zand in het slib worden deze kosten betaald. Voor zuiveringsslib dat wordt afgevoerd bedragen de slibverwerkingskosten 60 - 100 EUR per ton natte slibkoek (21). Afgescheiden schoon zand heeft dus als voordeel dat er lagere verwerkingskosten voor betaald worden.

4.1.5 VERWIJDERING VAN ZAND UIT TANKS

Open installaties zijn relatief eenvoudig leeg te maken, afhankelijk van aanwezige werktuigbouwkundige onderdelen in de tank. Het werken aan overdekte installaties is arbeidsintensief en brengt daardoor hogere kosten met zich mee.

Een afgesloten structuur, zoals een (na)gistingstank is nog complexer. Het leegzetten en schoonmaken gebeurt met enige regelmaat, maar de frequentie verschilt sterk van waterschap tot waterschap. Gistingstanks worden bij sommige waterschappen routinematig schoongemaakt. Als dit niet het geval is kan zandophoping een reden zijn om de tanks schoon te maken. Het schoonmaken van een gistingstank is een relatief ingewikkelde en dure operatie in verband met onder andere ATEX regelgeving. De kosten voor leegzetten en schoonmaken van een gisting kunnen oplopen tot meer dan 1 miljoen euro.

Als zand zich teveel ophoopt in beluchte tanks kan het zo zijn dat de beluchting moeilijker wordt. Hierdoor zal de vereiste beluchtingsenergie oplopen en de menging in het systeem verslechteren. Daarom moet zand ook tijdig uit beluchtingtanks worden verwijderd.

Het zand dat verwijderd wordt geldt wettelijk gezien als slib of afval (21). Goed gereinigd zand zou kunnen gelden als grondstof. Het vervuilde zand wordt normaal gesproken afgevoerd voor verdere behandeling. Het is dus een belangrijke afweging of er geïnvesteerd moet worden in zandwassen of in hogere afvoerkosten. Aan de andere kant resulteert het schoonmaken van zand ertoe dat de vervuiling weer teruggeleid wordt de zuivering in, waardoor takjes, pitjes enzovoorts weer verderop in het systeem hinder zouden kunnen veroorzaken.

4.2 ZAND NIET VERWIJDEREN

Op sommige zuiveringen wordt ervoor gekozen om geen zand te verwijderen. Dit kan zijn omdat er geen mechanische- of processchade kan ontstaan door het ontwerp van de zuivering (afwezigheid van gevoelige installaties). Het kan ook zijn dat de hoeveelheid zand in het

afvalwater te laag is om problemen te veroorzaken. Dit is meestal het geval in gescheiden rioolstelsels of industriële systemen zonder zandachtig materiaal in het water (3). Tenslotte kan het zo zijn dat de kosten voor aanleg en onderhoud van een zandvang hoger zijn dan de verliezen door verkleind reactorvolume en extra kosten voor de afvoer van zand met het slib. Op termijn zorgt zand hier ook voor problemen, voornamelijk door afgenomen volumes in reactoren en leidingen en slijtage.

4.3 VERSCHUIVINGEN IN DE TIJD

In de loop der tijd lijkt er weinig in de markt veranderd te zijn. Dit wordt zowel gemerkt door opdrachtgevers (waterschappen) als door leveranciers en adviesbureaus. Zandverwijdering heeft door de tijd heen wisselende prioriteiten gehad: gedurende sommige periodes was het gevoel van urgentie om zandverwijdering toe te passen hoger dan tijdens andere periodes.

In de jaren 1990 was de interesse in zandverwijdering minder dan nu, omdat er toen minder interesse was in het vergisten van slib. De laatste jaren neemt de vraag weer toe door toenemende interesse in slibgisting. Een andere verandering is de noodzaak om systemen af te dekken ter voorkoming van geuroverlast. Hierdoor is het moeilijker om systemen (selectors, ATs, bezinkers et cetera) schoon te maken. Hierdoor is het belang van goed zand verwijderen ook toegenomen.

De verandering van beluchtingstypes is ook een motief dat genoemd wordt. De (oudere) puntbeluchters zijn minder gevoelig voor zanddepositie. De huidige generatie fijne bellenbeluchters kan minder goed met zand omgaan, zeker op plaatsen waar facultatief belucht wordt. Daarnaast wordt genoemd dat de verschuiving naar membraanbioreactoren (vooral in de industriële markt en in het buitenland) een betere zandverwijdering vraagt.

De laatste jaren zijn er weinig nieuwe zandvangers meer aangelegd. Renovatie van bestaande (oude) systemen komt wel geregeld voor, vooral aanpassingen aan of vervangingen van oude Dorr-Oliver vlakzandvangers. Er is ook een verschuiving in gebruikte technieken door de jaren heen te zien, volgens de geïnterviewden: 60 jaar geleden werden voornamelijk langszandvangers of gootzandvangers gebouwd. Deze werden in Nederland vrij snel opgevolgd door vlakzandvangers. Dit is echter een typisch Nederlands verschijnsel. In het buitenland zijn de langszandvangers over het algemeen opgevolgd door ronde (diep/vortex) zandvangers. De typen zandvangers worden nader toegelicht in hoofdstuk 5.

4.4 THEORIE VAN ZANDVERWIJDERING

Het primaire principe van zandverwijdering is het verschil in bezinkingssnelheid van zand ten opzichte van ander materiaal. De bezinkingssnelheid wordt door verschillende typen zandvangers op verschillende manieren toegepast. Het ene systeem gebruikt verschillen in dichtheid, waarbij de zware deeltjes bezinken en de lichte meegevoerd worden, terwijl het andere systeem gebruik maakt van verschillen in centripetale en centrifugale (middelpuntzoekende en middelpuntvliedende) krachten.

De theorie schrijft dat “de vernietiging van de instroomenergie en gelijkmatige verdeling van het afvalwater over de dwarsdoorsnede van de zandvanger” van belang is voor de meest efficiënte bezinking van zand (3). Met andere woorden: de stroomsnelheid in de zandvanger moet laag genoeg worden dat zanddeeltjes kunnen bezinken en niet worden meegevoerd

door het water, maar hoog genoeg blijven om te voorkomen dat (lichtere) organische deeltjes mee bezinken.

Koot (3) berekent dat de horizontale stroomsnelheid waarbij de, in zijn ogen, schadelijke deeltjesfractie ($>0,2$ mm) bezinkt op $0,23$ m/s ligt. De exacte grens voor schadelijkheid varieert per auteur. In de praktijk gebruikt men, volgens Koot, een snelheid van $0,3$ m/s. De formule die hiervoor gebruikt wordt is de zogenaamde Camp-Shields vergelijking, weergegeven in vergelijking 4.1.

VERGELIJKING 4.1
$$v_h = \sqrt{\frac{8f}{\lambda} * g * \frac{\rho_d - \rho}{\rho} * d}$$

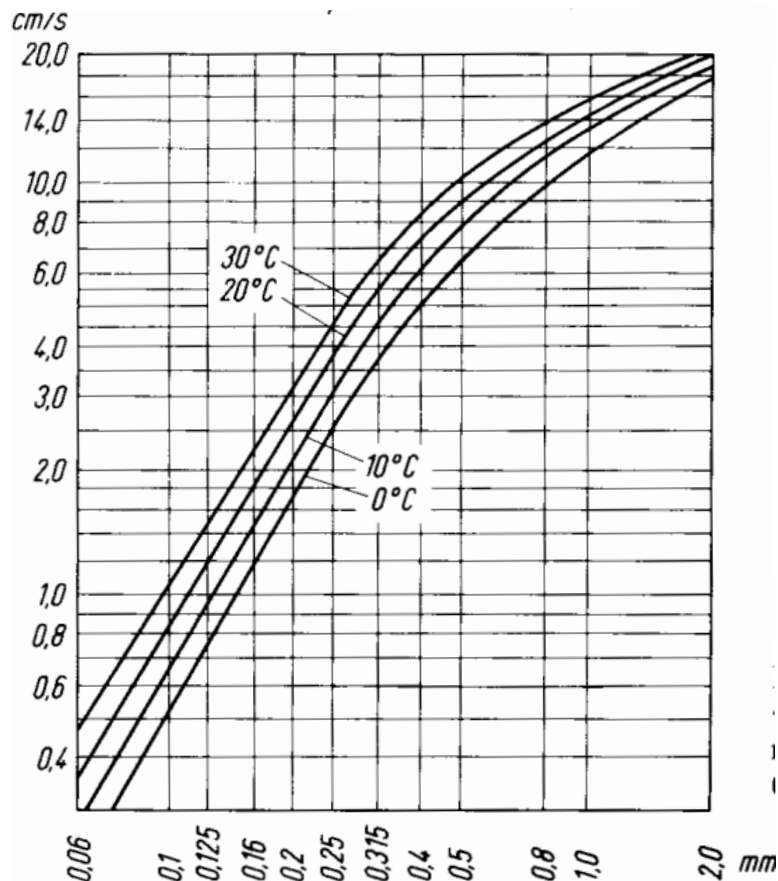
Hierin is v_h de horizontale stroomsnelheid (m/s) waarbij een deeltje met dichtheid ρ_d (kg/m³) en diameter d (m) net niet meer bezinkt. f een dimensieloze factor die experimenteel bepaald moet worden. f kan variëren van $0,04$ - $0,8$, waarbij $0,04$ geldt voor een stromings-toestand waarbij uniforme zanddeeltjes in beweging worden gebracht/gehouden. Kleverig zand dat niet gelijkmatig van vorm is heeft een waarde van $0,06$. λ is een dimensieloze evenredigheidsconstante met een gemiddelde waarde van $0,03$. g is de valversnelling ($9,81$ m/s²). ρ is de dichtheid van water.

$0,3$ m/s is de stroomsnelheid waarbij deeltjes van $0,2$ millimeter (d =diameter) in beweging blijven en zwaardere deeltjes bezinken. Daarbij wordt aangenomen dat de dichtheid van de deeltjes $\rho_d=2.650$ kg/m³, de dichtheid van water $\rho=1.000$ kg/m³, $g=9,81$ m/s², $f=0,06$ en $\lambda=0,03$. Verdergaande berekeningen zijn afhankelijk van het type zandvanger dat gebruikt wordt.

De temperatuursafhankelijkheid van de bezinkingssnelheid is in afbeelding 4.3 weergegeven (22). In theorie zou door toenemende temperatuur de viscositeit van het water moeten afnemen waardoor deeltjes sneller bezinken. Echter, volgens Koot is het verwijderen van zand niet afhankelijk van factoren als watertemperatuur en weersinvloeden, mits de zandverwijdering goed gebouwd is. De factoren zoals gebruikt in vergelijking 4.1 zijn wel van belang. De horizontale stroomsnelheid bepaalt de diameter van deeltjes (d) die bezinken. Dit is gekoppeld aan het verschil in dichtheid tussen het deeltje (ρ_d) en water (ρ).

AFBEELDING 4.3

BEZINKINGSSNELHEID IN CM/S (Y-AS) VAN DEELTJES MET SG VAN 2,65 VAN DIAMETER IN MM (X-AS) EN EFFECT VAN TEMPERatuur.



Vaak worden zandvangers gedimensioneerd op basis van de stroomsnelheid, bijvoorbeeld voor gootvormig zandvangers volgens vergelijking 4.2 (3).

VERGELIJKING 4.2
$$v_h = \frac{Q}{B \cdot H}$$

In deze vergelijking is de horizontale snelheid (v_h in m/s) afhankelijk van het debiet (Q in m³/uur) en de breedte en hoogte/diepte van de goot ($B \cdot H$ in m). De breedte en hoogte zijn dus afgestemd om bij een bepaald debiet een minimale deeltjesgrootte met bepaalde bezinkings-snelheid af te scheiden. Als het debiet hoger is (bijvoorbeeld door hevige regenval) of lager is (bij DWA) verandert de doorstroomsnelheid en daarmee ook de diameter van de deeltjes die achter blijven. De bezonken fractie hangt immers samen met de doorstroomsnelheid, zoals in vergelijking 4.1 weergegeven. Bovenstaande vergelijking wordt gebruikt om zandvangers te dimensioneren die werken op basis van bezinkingsnelheden. Zandvangers die werken op basis van centrifugaalkrachten (vortex, cyclonen) werken niet met deze formule.

In praktijk blijkt dat over zandverwijdering veel kennis beschikbaar is, maar relatief weinig (wetenschappelijke) theorie. De openbaar beschikbare meetgegevens zijn over het algemeen leveranciersgebonden en geven geen objectief beeld van hoe de zandvanger in de praktijk werkt.

4.5 THEORIE VAN ZANDWASSING

Nadat het zand verwijderd is, is het gebruikelijk het zand te wassen. Of dit echt noodzakelijk is hangt af van het type zandvanger, de plaats waar het zand verwijderd wordt (waterlijn of

sliblijn) en de karakteristieken van het influent. Over het algemeen is zand uit de waterlijn relatief schoon, terwijl zand uit de sliblijn al meer in aanraking is geweest met organisch materiaal en dus sterker vervuild is.

Zand wordt gewassen om de verdere verwerking te vergemakkelijken (14). Ongewassen zand kan 1% tot 60% aan organisch materiaal bevatten. Dit organisch materiaal kan gaan rotten waarbij stank ontstaat. Deze stank kan ongedierte (vliegen) aantrekken door de vluchtige vetzuren die vrijkomen bij het rottingsproces (2, 3,15).

Verder verlaagt het goed wassen van zand het watergehalte. Doordat organisch materiaal vocht vasthoudt, varieert het vochtgehalte tussen 13% en 65% (2). Door het organische gehalte te verlagen neemt ook het vochtgehalte af en wordt het totale volume kleiner en is afvoeren dus gemakkelijker en goedkoper (14). Als het zand schoon genoeg is, zou het hergebruikt kunnen worden, zie daarvoor hoofdstuk 7.4.

Ook zandwassing is gebaseerd op de verwijdering van sneller bezinkende deeltjes uit een massa met langzamer bezinkende deeltjes. Daarbij wordt het zand uit de zandverwijdering opnieuw in beweging gebracht om het organisch materiaal van het zand af te wassen. aragraaf 5.9 verder in op typen zandwassers.

4.6 AANVULLENDE INFORMATIE

De theorie over zandvangen en -wassen zoals die hierboven is beschreven, is de gangbare theorie zoals voorgeschreven wordt in de handboeken over waterzuivering. Over het algemeen werken de zuiveringen naar behoren, maar er komt toch nog zand door de zandvangsers heen, zoals blijkt uit gegevens van waterschap de Dommel (21). In het geval van de Dommel is er voornamelijk een zandfractie met kleine diameter (<63 µm) die nog relatief veel te vinden is in de slibkoek. Bij de dimensionering van een zandvanger wordt niet beoogd om deze fractie (<63 µm) af te vangen.

Een theorie uit de Verenigde Staten is dat de huidige generatie zandvangsers op onvolledige aannames is gebaseerd, waardoor zandvangsers niet goed functioneren. Deze theorie is echter gebaseerd op onderzoek dat grotendeels afkomstig is van één bedrijf dat gespecialiseerd is in onder andere de verkoop van zandverwijderingsapparatuur (16, 20). Ter wille van de compleetheid van beschikbare informatie is de theorie hieronder wel weergegeven. Er zijn geen andere bronnen gevonden die deze theorie onderschrijven.

Conventionele zandverwijdering gaat meestal uit van discreet bezinkende, homogene, ronde deeltjes van circa 200 µm met een relatieve dichtheid van 2,65. Geavanceerde technologieën verwijderen deeltjes tot circa 150 µm. De vraag die het onderzoek probeerde te beantwoorden is of de aanname van een relatieve dichtheid van 2,65 en de diameter van 200 µm wel een goede ontwerpaanname is.

Op basis van zandbemonstering van ingaand water is gebleken dat de samenstelling van het zand erg kan wisselen. Hierbij is gekeken naar de fractie klein zand, van minder dan 200 µm. Deze fractie varieert van bijna geen klein zand tot ruim de helft van het bemonsterde zand. Het varieert dan zowel tussen locaties als over de tijd. Op een locatie zijn ingaande zandsamenstellingen gevonden waar tussen de 35% en de 70% van het zand bestond uit deeltjes kleiner dan 200 µm. Bij het schoonmaken van vergisters op locaties met een zandvanger is

regelmatig 30% tot 35% van het totaalgewicht van de anorganische vaste stof kleiner dan 200 μm (24). Het grootste deel heeft dus een grotere diameter. De theorie is dus dat ook grotere deeltjes vaak niet zoals verwacht worden afgescheiden.

4.6.1 HOMOGENITEIT

De homogeniteit is een onderdeel dat volgens de bovengenoemde Amerikaanse theorie ter onvoldoende aandacht krijgt in de gangbare literatuur over zandverwijdering. Het is aanneemelijk dat er vet of ander organisch materiaal aan het zand plakt. Hierdoor worden de deeltjes wel gemeten als een bepaalde diameter (bijvoorbeeld 200 μm), maar gedragen ze zich anders. Zo kan een “schoon” (zonder aangekoekt materiaal) deeltje gemeten op 200 μm een relatieve dichtheid van 2,6 hebben. Een zanddeeltje van 195 μm met 5 μm vet, in totaal ook 200 μm , komt dan op een relatieve dichtheid van 2,44 (15). In een systeem ontworpen voor een SG van 2,6 wordt zo'n deeltje dus niet afgevangen. Naarmate het deeltje kleiner wordt nemen de verschillen toe, aangezien een groter percentage van het deeltje bestaat uit lichter materiaal. Een 70 μm deeltje gaat met een vetlaag van 5 μm heeft een relatieve dichtheid van 2,15.

Het onderzoek gebruikt een maat voor bezinking die de Sand Equivalent Size (SES) genoemd wordt, de Vergelijkbare Zand Grootte (VZG). Dit wordt uitgedrukt als het formaat van een (ideaal) zanddeeltje met dezelfde bezinkingssnelheid als het bemonsterde (reële) zand. De VZG normaliseert dus de bezinkingssnelheid van verschillende deeltjesfracties naar de bezinkingssnelheid van een schoon zanddeeltje, zodat op basis daarvan een goed ontwerp gemaakt kan worden. Een rekenvoorbeeld is te zien in tabel 4.1: een 100 μm deeltje met 1 μm vet bezinkt even snel als een 98 μm deeltje en een 200 μm korrel met 5 μm vet bezinkt even snel als een 189 μm deeltje. Behalve vet kan ook ander materiaal aan een deeltje kleven, dit verandert de uiteindelijke bezinkingssnelheid. Op basis van praktijkmetingen is bepaald dat in een bepaalde stroom 60% van het zand in het influent >200 μm was, terwijl slechts 45% een VZG had van 200 μm .

TABEL 4.1 VERANDERING VAN VZG OP BASIS VAN DE DIKTE VAN DE VETLAAG

Deeltjesgrootte μm	Dikte van de vetlaag (μm) met als resultaat de Vergelijkbare Zand Grootte van het deeltje (μm)				
	1	2	3	4	5
100	98	96	93	91	89
150	148	145	143	141	139
200	198	195	193	191	189
250	248	246	243	241	239

4.6.2 GLADHEID EN VORM

Naast de homogeniteit is ook de aanname van de gladheid van de zandkorrel een obstakel. De gangbare theorie gaat uit van perfect gladde korrels, terwijl in de praktijk de deeltjes vaak niet glad maar onregelmatig zijn door aanhechting van vlokken biomassa, vet of ander materiaal. Het extra materiaal zorgt voor meer turbulentie rondom de deeltjes en voor toegenomen wrijving. Beide hebben invloed op de bezinkingssnelheid.

Als aanvulling daarop heeft ook de vorm een belangrijke invloed op de bezinkingssnelheid van de deeltjes. Dit wordt uitgedrukt door een zogenaamde vormfactor. Dit is een vaste eigenschap van een deeltje die samenhangt met de ‘drag’. De drag is gebaseerd op een aantal factoren waaronder neerwaartse snelheid, frontaal oppervlak, ruwheid van het oppervlak en relatieve dichtheid. Tabel 4.2 geeft een indicatie van hoe de morfologie van een deeltje

de bezinkingssnelheid en de VZG beïnvloedt. Het ronde deeltje van 200 μm bezinkt zoals te verwachten. Een kubusvormig deeltje bezinkt sneller (VZG van 234 μm), terwijl een viervlak veel langzamer bezinkt (VZG: 156 μm).

TABEL 4.2 EFFECT VAN DE VORMFACTOR OP DE BEZINKINGSSNELHEID EN DE VZG.

Vorm	Vormfactor	Bezinkingssnelheid (200 μm deeltje, 4 °C)	VZG
		mm/s	μm
Rond	0,524	17,24	200
Kubus	0,696	22,03	234
Viervlak ¹	0,328	11,40	156
Afgerond	0,540	17,69	203

1 Piramide met driehoekig grondvlak, ook wel tetraëder genoemd.

Kortom: volgens deze theorie baseert de (huidige) zandverwijdering zich op te ver gesimplificeerde aannames en is dat de reden dat in ieder geval in de Verenigde Staten zandvangsters vaak niet goed functioneren. Door te ontwerpen op de VZG in plaats van op de actuele korrelgroottes zou een beter functionerend systeem kunnen worden ontworpen.

5

TECHNIEKEN

Dit hoofdstuk gaat in op de verschillende beschikbare technieken voor zandverwijdering en zandwassing. Naast een overzicht van de verschillende technologieën die in praktijk worden toegepast gaat dit hoofdstuk ook in op de procestechnologische parameters en ontwerpparameters die in de theorie worden voorgeschreven.

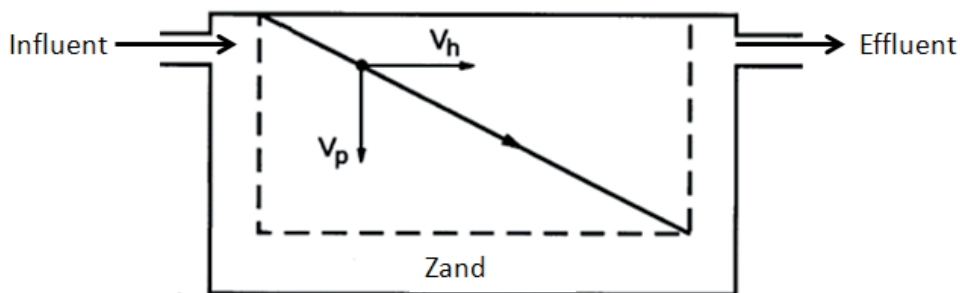
Er zijn verschillende typen zandvangers beschikbaar (1–3,14). De meerderheid wordt gebruikt in de waterlijn. Technologieën die vaak gebruikt worden in de waterlijn zijn de horizontale zandvanger in verschillende uitvoeringen, de beluchte zandvanger en zandvangers van het vortex-type. In de sliblijn zijn voornamelijk hydrocyclonen gebruikelijk (1–3,14), hoewel vlakke zandvangers van het type Dorrr-Oliver ook regelmatig gebruikt worden (25). Een zandvanger in de sliblijn wordt toegepast op primair slib en bevindt zich dus altijd op een rwzi met voorbezinktank. Een belangrijk aspect in het kiezen voor een bepaald type zandvanger is de grootte van de rwzi. Een richtlijn is dat hoe kleiner de rwzi, hoe eenvoudiger de zandvang is.

5.1 EENVOUDIGE ZANDVANGER/BEZINKINGSBAK

Horizontale zandvangers werken volgens het principe van (discrete) bezinking, waarbij wordt aangenomen dat zand als losse deeltjes bezinkt en niet in vlokken.

De bezinkingsbak, detritustank (14) of eenvoudige zandvanger is de oudste vorm van (actieve) zandverwijdering. Het is een bak met een korte verblijftijd en een vast waterniveau, met weinig tot geen mogelijkheden om de doorstroomsnelheid te regelen. Een bezinkingstank kent vier zones: de instroomzone, de uitstroomzone, de bezinkingszone en een slibzone. De in- en uitstroomzone dienen om de turbulentie te minimaliseren (3,26). Een zandvanger is goed ontworpen als het lichtste deeltje dat moet worden afgevangen in de zandvanger het pad aflegt dat op afbeelding 5.1 wordt weergegeven. Dit deeltje blijft dus achter in de zandvanger. Zwaardere deeltjes zullen eerder de slibzone hebben bereikt en achterblijven. Deze tanks laten niet alleen zand maar ook zwaardere organische stoffen bezinken en hebben dus altijd een zandwasstap nodig als nabehandeling. Sommige bezinkingsbakken hebben ingebouwde systemen om het zand af te voeren.

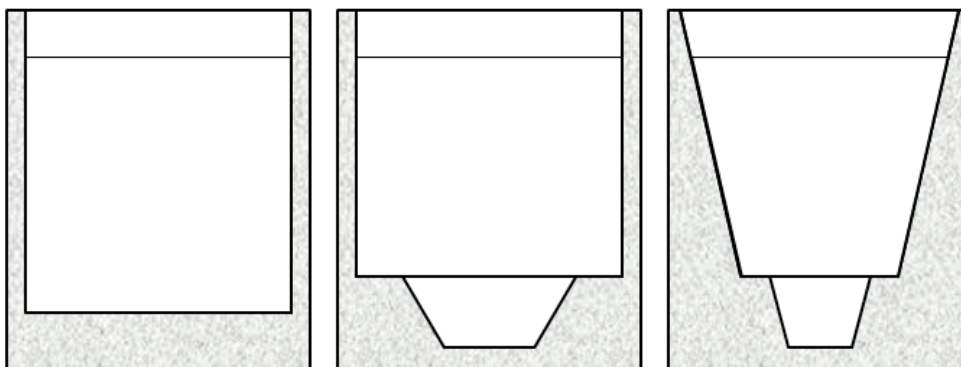
AFBEELDING 5.1 SCHEMATISCHE WEERGAVE (ZIJAANZICHT) VAN EEN EENVOUDIGE ZANDVANGER (26)



5.2 HORIZONTALE GOOTZANDVANGER

De horizontale gootzandvanger lijkt op de bezinkingsbak, maar is vaak geavanceerder doordat de stroomsnelheid in de tank kan worden aangepast door middel van (verstelbare) instroom- en uitstroomschotten (1–3,14). De horizontale gootzandvanger komt ook wel voor onder benaming van horizontale zandvanger, paraboolzandvanger of langszandvanger. Er zijn drie varianten van de gootzandvanger, zoals weergeven in afbeelding 5.2: de rechthoekige bak, de rechthoekige bak met droogweerafvoer en de paraboolvormige gootzandvanger.

AFBEELDING 5.2 SCHEMATISCHE WEERGAVE (DOORSNEDE IN DE STROOMRICHTING) VAN DE DRIE TYPEN GOOTZANDVANGERS; LINKS: RECHTHOEKIG; MIDDEN: RECHTHOEKIG MET VERDIEPTE DROOGWEERAFFVOER; RECHTS "PARABOOLVORMIG"



De gootzandvanger in zijn eenvoudigste vorm is een rechthoekige bak (goot) waar door middel van overlopen, schotten en uitstroomopeningen de stroomsnelheid wordt geregeld op (meestal) 0,3 m/s. Typische ontwerpparameters uit de theorie zijn weergegeven in tabel 5.1.

Dit type zandvanger heeft vaak last van fluctuaties in waterafvoeren, bijvoorbeeld een hogere aanvoer tijdens een regenbui of een lagere aanvoer van rioolwater 's nachts. Dit is te onderhouden door meerdere goten naast elkaar te plaatsen, waarbij er bij toenemende debieten meer goten gebruikt worden.

Een elegantere oplossing hiervoor is de verdiepte rechthoekige zandvanger. Deze is, zoals afgebeeld, een stuk uitgediept voor droogweeraanvoer (DWA). Hierdoor kan bij lage debieten nog wel zand bezinken zonder dat er teveel organische stof bezinkt.

De verbeterde versie hiervan is de paraboolvormige gootzandvanger. Door de (bij benadering) paraboolvorm van dit type neemt het actieve oppervlak toe als het debiet toeneemt, waardoor dit type nog beter om kan gaan met wisselende debieten. In de praktijk zijn paraboolvormige zandvangers zelden echte parabolen, maar vaak uitgevoerd zoals afgebeeld hierboven. Deze vorm benadert het paraboolprincipe ruim voldoende om goede werking te garanderen.

Het bezonken zand wordt middels een pomp, gemonteerd op een ruimerbrug, afgevoerd uit de gootzandvanger. Hierna kan het zand worden gewassen of afgevoerd.

TABEL 5.1 TYPISCHE ONTWERPPARAMETERS VOOR GOOTZANDVANGERS (1-3,14,27)

	Eenheid	Spreiding	Typische waarde
Verblijftijd	s	45-90	60
Horizontale snelheid	m/s	0,25-0,4	0,3
Bezinkingssnelheid voor verwijdering van 0,21 mm materiaal	m/min*	1,0-1,3	1,15
Bezinkingssnelheid voor verwijdering van 0,15 mm materiaal	m/min*	0,6-0,9	0,75
Extra lengte voor in- en uitstroom turbulentie	%	25-50	30
Waterdiepte	m	0,6-1,5	
Lengte	m	3-25	
Maximale oppervlaktebelasting	m ³ /m ² /h		40
Lengte/breedte verhouding	-	10:1 of 15:1	

*typische bezinkssnelheden voor materiaal met een relatieve dichtheid van 2,65, voor sterk afwijkende dichtheden dienen andere waarden gebruikt te worden

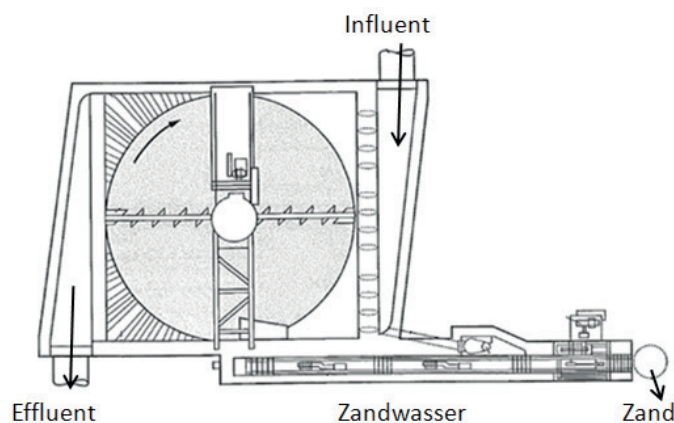
5.3 HORIZONTALE VIERKANTE ZANDVANGER

Een ander type horizontale zandvanger dat vaak voorkomt is de vierkante zandvanger (1-3,14). Deze komt ook voor onder de benaming vlakzandvanger, vlakke zandvanger, Dorr zandvanger, Dorr-Oliver en Geiger vlakzandvanger. Dit type bestaat al ongeveer 60 jaar. Het werkingsprincipe is hetzelfde als dat van de gootzandvangers: het water stroomt in een rechte baan door een bak heen waar het zand kan bezinken, waarna het water in een overloop doorstroomt.

Het water komt binnen via verstelbare geleideschotten, waardoor het water gelijkmatig over het reservoir verdeeld wordt, zie de afbeelding 5.3 (influent). Het water stroomt naar de andere kant waar het in een overloop komt en wordt afgevoerd (effluent). Voor de overloop is een helling aangelegd in de bak, die zand beter afvangt en een betere ruiming van zand mogelijk maakt.

In de vlakzandvanger is een roterende zandruimer geplaatst die het zand naar een afvoer brengt. Vanuit deze afvoer wordt vaak een hark- of schroefzandwasser gebruikt om het zand te wassen en omhoog te verplaatsen. Het water (met organische deeltjes erin) wordt teruggebracht naar de ingang van de zandvanger.

AFBEELDING 5.3 SCHEMATISCHE WEERGAVE (BOVENAANZICHT) VAN EEN VLAKZANDVANGER (1)



Een vlakzandvanger wordt doorgaans ontworpen op een oppervlaktebelasting van 30-40 meter per uur. Dit dicteert in grote mate de afmetingen van de vlakzandvanger. Tabel 5.2 hieronder geeft een overzicht van de typische dimensies voor een vlakzandvanger (1).

TABEL 5.2 TYPISCHE DIMENSIES VOOR EEN VLAKZANDVANGER (1)

Diameter zandvanger (m)	3	6	9	12
Maximaal debiet voor afvangen van zand van 210 μm (m^3/s)	0,17	0,70	1,58	2,80
Maximaal debiet voor afvangen van zand van 150 μm (m^3/s)	0,11	0,45	1,02	1,81
Waterdiepte bij maximaal debiet (m)	0,5	0,6	0,9	1,1
Zandwasser breedte (m)	0,4	0,4	0,7	0,7
Lengte zandwasser (m)	8	9	10	12

5.4 VORTEX ZANDVANGER

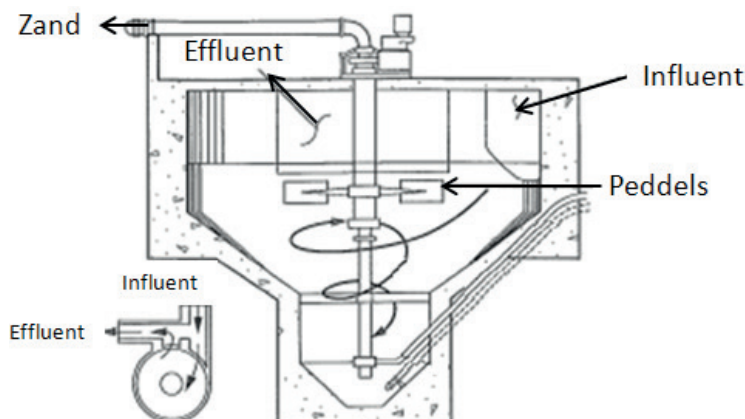
Het principe van een vortex zandvanger is, de vortex (draaikolk) beweging (1-3,14). Naast vortex, wordt dit type vaak Pista (productnaam van Smith and Loveless), Vormax (productnaam van Huber) of Jeta (productnaam van Jones and Atwood), rondzandvanger, circulaire zandvanger of (Geiger) diepzandvanger of Tea cup (productnaam van Hydro International) genoemd.

Er zijn twee veelgebruikte types (1) zoals te zien in afbeelding 5.4 en 5.5. Het ene type (afbeelding 5.4) creëert een vortex door met een roermechanisme met peddels het water in beweging te brengen terwijl het tweede type (afbeelding 5.5) juist door de instroom van de vloeistof de vortex creëert. Dit wordt ook wel een vrije vortex genoemd. Typische ontwerpparameters zijn weergegeven in tabel 5.3.

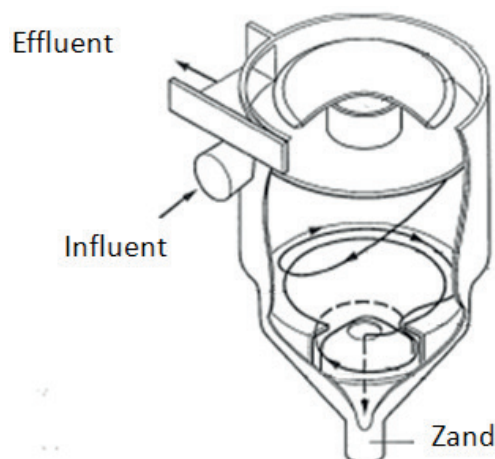
In afbeelding 5.4 is te zien dat de roerder een constante snelheid van het water garandeert. De draaibare bladen zorgen voor extra scheiding. Door de draaiing worden de lichte organische deeltjes (met het water) naar de afvoer meegevoerd terwijl de zwaardere zanddeeltjes bezinken onder invloed van zwaartekracht.

In het tweede type (afbeelding 5.5), komt het water parallel aan de raaklijn van de mantel (tangenteel) binnen waardoor er ook een vortex wordt opgewekt. Het water verlaat de zandvanger via de bovenkant door een cilinder in het "oog" in de vloeistof. Door de combinatie van centrifugaalkrachten en zwaartekracht blijven de zwaardere deeltjes beter achter. Deze worden vervolgens afgevoerd door middel van bijvoorbeeld een airlift systeem.

AFBEELDING 5.4 SCHEMATISCHE WEERGAVE (ZIJGAANZICHT) VAN EEN GEROERDE VORTEX ZANDVANGER (1)



AFBEELDING 5.5 SCHEMATISCHE WEERGAVE (OPENGEWERKT) VAN EEN NIET-GEROERDE (VRIJE) VORTEX ZANDVANGER (1)



TABEL 5.3 TYPISCHE ONTWERPPARAMETERS VOOR VORTEX ZANDVANGERS (1,2,14)

	Eenheid	Spreiding	Typische waarde
Aanvoersnelheid	m/s	0,75-1	
Afvoersnelheid	m/s		maximaal 0,8
Verblijftijd	s	20-45	30
Verhouding diameter:diepte	-	2:1	
Hoogte	m	2,7-4,8	
Diameter bovenste kamer	m	1,2-7,2	
Diameter onderste kamer	m	0,9-1,8	
Verwijdering 0,30 mm deeltjes	%	92-98	95+
Verwijdering 0,24 mm deeltjes	%	80-90	85+
Verwijdering 0,15 mm deeltjes	%	60-70	65+

5.5 BELUCHE ZANDVANGER

In een beluchte zandvanger wordt lucht ingeblazen middels grove bellenbeluchting aan een kant van een rechthoekige tank, “haaks” op de stroomrichting (zie afbeelding 5.6) (1-3,14). De lucht wordt over de gehele lengte van de tank ingeblazen. Dit creëert een spiraalvormige beweging met een vergelijkbaar effect als de vortex zandvanger, alleen dan in horizontale richting. De zwaardere deeltjes bezinken en de lichtere deeltjes blijven in de waterfase zweven en worden afgevoerd.

De snelheid waarmee de omrolling plaatsvindt bepaalt de grootte en relatieve dichtheid van de deeltjes die bezinken. Is deze snelheid te hoog dan zal zand worden meegevoerd met het effluent. Is de snelheid echter te laag dan zal er meer organisch materiaal bezinken.

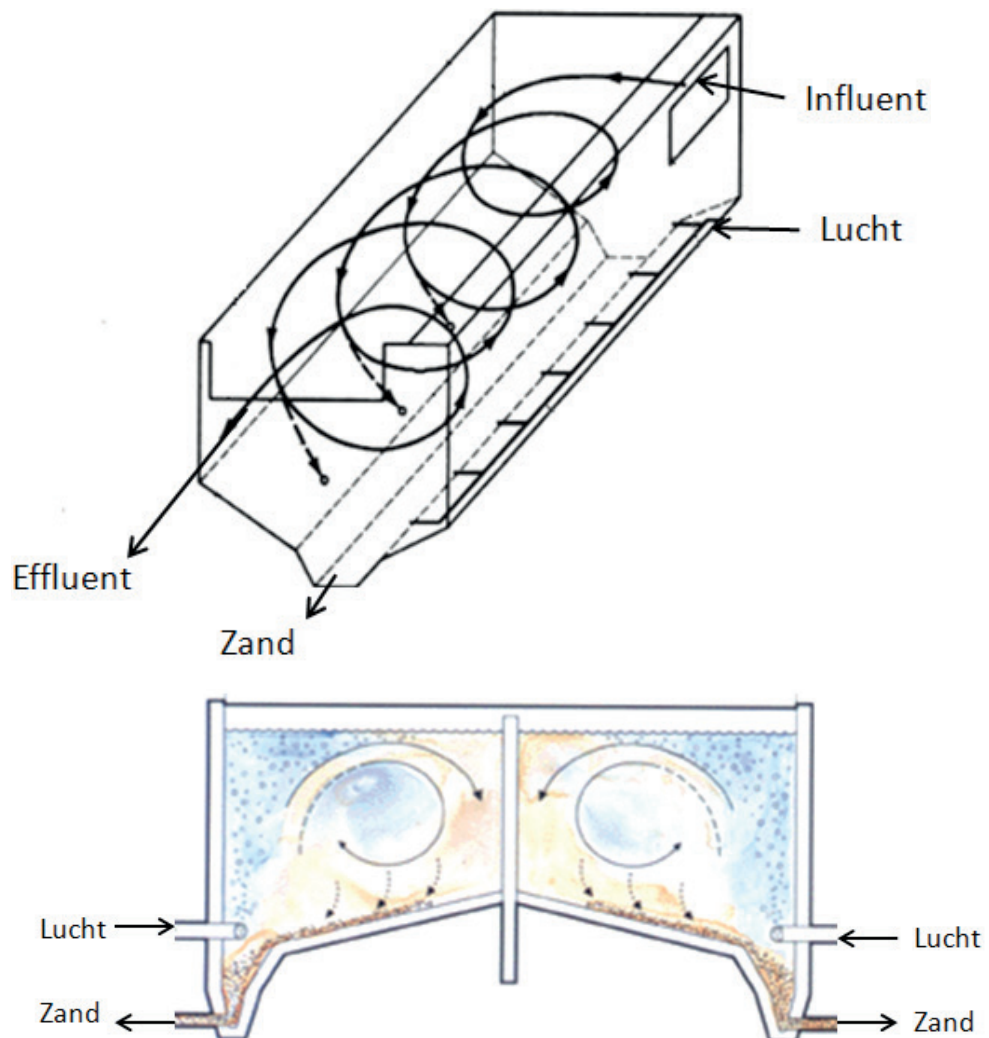
De beluchte zandvanger doet vaak tevens dienst als vetvanger. De lucht zorgt ervoor dat de vetdeeltjes gemakkelijker opdrijven. Door een duikschot aan te brengen kan dan het vet/drijfslag worden verzameld en afgevoerd. Door met de luchttoevoer te spelen kan er gekozen worden om meer zand (minder lucht) dan wel vet (meer lucht) af te vangen. Doordat de luchttoevoer gemakkelijk aan te passen is, kunnen beluchte zandvangers zeer hoge verwijderingsrendementen van de gewenste deeltjes behalen. Ook hoeft het zand vaak niet gewassen te worden. Zand kan op meerdere manieren uit de zandvanger worden verwijderd, bijvoorbeeld met een ruimerbrug met pompen.

Bij waterzuiveringen waar industrieel afvalwater wordt behandeld kunnen er, afhankelijk van het type industrie, vluchtige organische verbindingen vrijkomen door het beluchten. Dit is een potentieel risico voor de medewerkers van de zuivering. Als dit een significant risico is, dan kunnen de beluchte bakken worden afgesloten en afgezogen of kan gekozen worden voor een niet belucht type zandvanger. Voor typische ontwerpparameters zie tabel 5.4.

TABEL 5.4 TYPISCHE ONTWERPPARAMETERS VOOR BELUCHTE ZANDVANGERS (1,2,14)

	Eenheid	Spreiding	Typische waarde
Verblijftijd	min	2-5	3
Verhouding breedte:hoogte	-	1:1-5:1	1.5:1
Verhouding lengte-breedte	-	3:1-5:1	4:1
Luchttoevoer per strekkende meter	$\text{m}^3/(\text{m} \cdot \text{min})$	0,2-0,5	
Diepte	m	2-5	
Lengte	m	7,5-20	
Breedte	m	2,5-7	

AFBEELDING 5.6 SCHEMATISCHE DIAGRAMMEN VAN BELUCHTE ZANDVANGERS; BOVEN: OVERZICHT VAN HET STROOMPATROON (1); ONDER: DWARSDOORSNEDE (24).



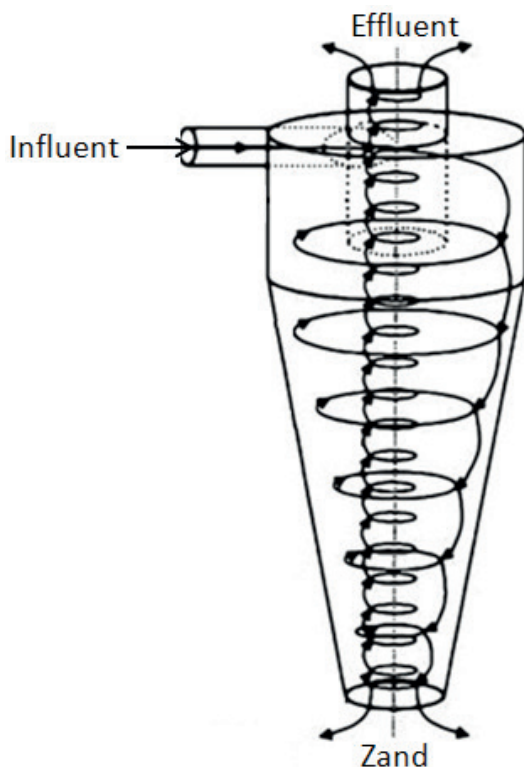
5.6 HYDROCYCLOON

De hydrocycloon (afbeelding 5.7) wordt met name gebruikt om zand te verwijderen uit (primaire) slib of om zand te wassen (1-3,14). Hydrocyclonen kunnen gebruikt worden in systemen waar relatief weinig zand is, waardoor het niet rendabel is om een (grote) zandvanger te bouwen, maar waar wel voorbezinktanks zijn. Onder in de voorbezinktanks wordt slib en zand verwijderd. Dit mengsel wordt vervolgens onder een overdruk (100 kPa) in de hydrocycloon gepompt, parallel aan de raaklijn van de mantel van de hydrocycloon (3). Door de middelpuntvliedende kracht wordt het zand tegen de mantel gedruwd waarna het vervolgens zakt naar een afvoerbuis. Het "schone" slib wordt aan de bovenzijde afgevoerd, vergelijkbaar met de vortex zandvanger.

Een hydrocycloon is specifiek ontworpen om bij een gegeven stroomsnelheid een bepaalde deeltjesgrootte af te scheiden. Het is dus ook van groot belang om de aanvoer zo constant mogelijk op de ontwerpstroomsnelheid te houden. Gebeurt dit niet dan zal de scheidingsefficiëntie hieronder lijden. Om een continue toevoer te garanderen kunnen er meerdere cyclonen parallel geschakeld worden. Daardoor kan er een cycloon extra ingeschakeld worden bij een verhoogd slibdebiet zoals dat bij RWA situaties kan ontstaan.

Een andere belangrijke factor die genoemd wordt is het drogestofgehalte. Hydrocyclonen zijn goed in staat om zand en slib van elkaar te scheiden bij drogestofgehaltenes $<1,5\%$. Daarboven wordt het steeds lastiger om tot een goede scheiding te komen (9).

AFBEELDING 5.7 SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN EEN HYDROCYCLOON (25).



5.7 ZANDTRANSPORT UIT DE ZANDVANGER

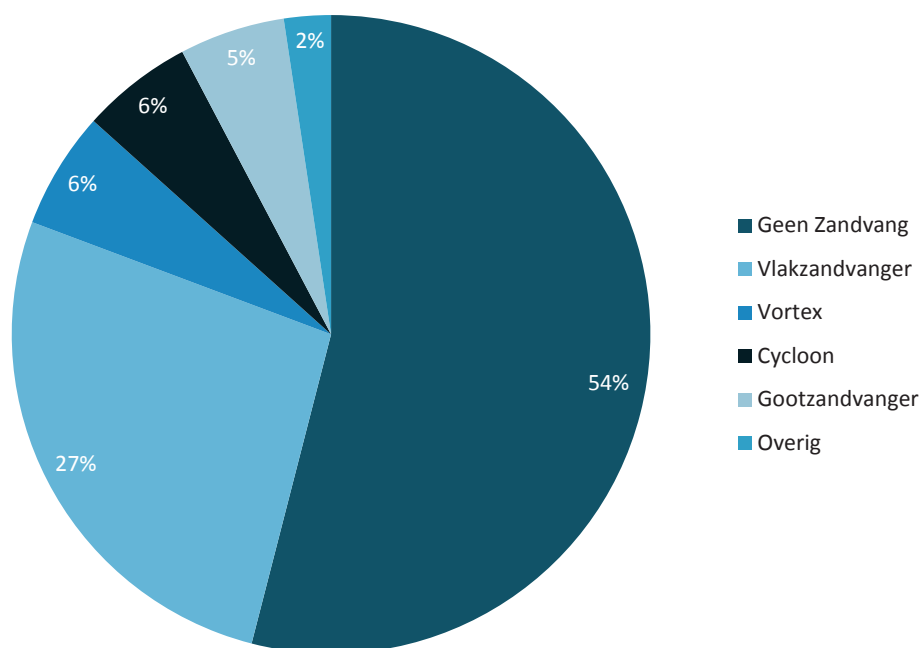
Zodra het zand is ingevangen in de zandvanger, moet het uit de zandvanger worden verwijderd. Dit dient ter voorkoming van het dichtslibben van de zandvanger en zodat het zand gewassen en afgevoerd kan worden. Het zand kan op verschillende manieren getranspor-

teerd worden. De eenvoudigste manier is het handmatig uit de zandvanger scheppen. Dit is echter arbeidsintensief en dit wordt zelden tot nooit meer toegepast. Verder wordt het zand uit de kamers gehaald door schroefvijzels, rondschrappers, kettingschrappers, harkschrappers (jakobs ladder/hobbelpaard) en boven- of langsruimers met luchtlift (airlift) systemen. Andere opties zijn (airlift)pompen of schroefvijzels onderin bijvoorbeeld vortex- of beluchte zandvangers. Deze schroefvijzels en schrapers liggen vaak op de bodem van de zandvanger alwaar ze zand verplaatsen naar een centraal afvoerpunt. Vanaf daar kan het (geconcentreerde) zand eenvoudig verder verplaatst worden. De harkschrappers hebben vaak een dubbele functie omdat ze naast transporteren het zand ook deels wassen, als dan niet in combinatie met een sproei-installatie.

5.8 TOEGEPASTE ZANDVERWIJDERINGSTECHNIEKEN

In Nederland zijn 337 zuiveringen [19], waarvan ongeveer de helft (54%) geen zandverwijdering toepast. Zoals te zien is in afbeelding 5.8, is de vlakzandvanger het meest voorkomende systeem (27% van de zuiveringen), gevolgd door vortex, cycloonzandvangers en gootzandvangers (alle drie circa 6%). Beluchte zandvangers komen weinig voor en vallen daarom onder “overig”. Rwwi's hebben ook de mogelijkheid om zand af te vangen in het eerste compartiment van de anaerobe tank. Locaties waarop dit gebeurt vallen in de categorie ‘geen zandvang’.

AFBEELDING 5.8 GEÏNSTALLEERDE ZANDVERWIJDERINGSTECHNOLOGIEËN IN NEDERLAND VOLGENS CBS GEGEVENS

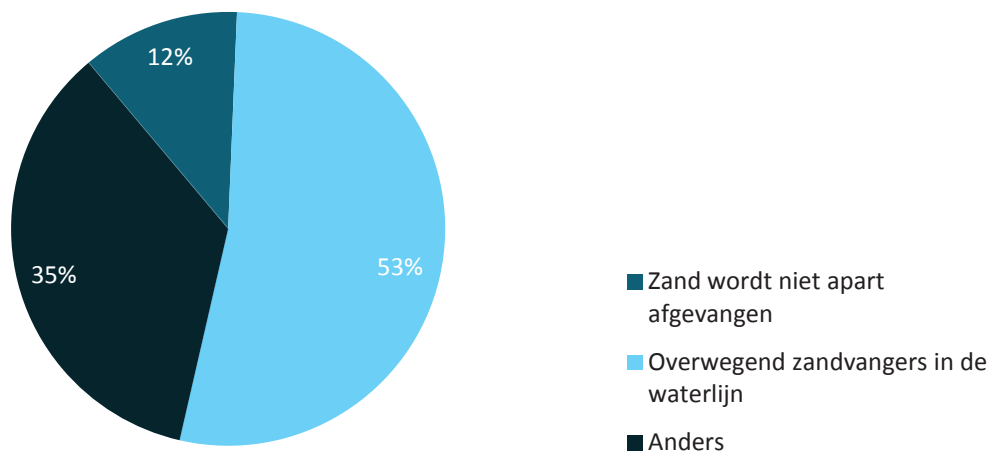


In de enquête naar de waterschappen werd gevraagd hoe er per waterschap omgegaan wordt met zand in het influent. De resultaten hiervan zijn te zien in afbeelding 5.9. 12% van de waterschappen zegt zand niet af te vangen, 53% verwijdert zand door alleen zandvangers in de waterlijn toe te passen. 35% geeft aan het anders te doen. Deze andere methoden bestaan onder andere uit periodieke zandverwijdering uit de selector/anaerobe tank. Een andere optie is door een mix van wel en niet zand verwijderen op de verschillende zuiveringen. Dit kan gedaan worden door bijvoorbeeld op grote rwwi's met voorbezinktanks (VBTs) zand af te scheiden in de primair sliblijn en bij de rwwi's zonder VBTs zand of af te scheiden in de waterlijn of helemaal niet.

Er vallen twee dingen op als grafiek 5.8 en grafiek 5.9 met elkaar vergeleken worden. Allereerst is te zien dat volgens de grafiek in afbeelding 5.8 54% van de zuiveringen volgens het CBS geen zandvang heeft, terwijl slechts 12% van de waterschappen die hebben gereageerd op de enquête aangeeft geen zand te verwijderen. Doordat niet alle waterschappen hebben gereageerd ontstaat hier een afwijking. Daarnaast tonen de CBS-data een beeld op het niveau van de individuele zuivering, terwijl de enquête gaat over hoe een waterschap als geheel zand verwijdert. De CBS data bevatten dus alle zuiveringen van Nederland, inclusief de kleine zuiveringen. Deze kleine zuiveringen wegen in de CBS gegevens even zwaar mee als de grotere zuiveringen. De grote zuiveringen vertegenwoordigen een groter deel van het totale afvalwaterdebiet. Dit verschil in perceptie kan ook een verklaring zijn voor de verschillen.

Het tweede dat opvalt, is dat geen van de waterschappen aangeeft overwegend in de sliblijn af te vangen. Waarschijnlijk hebben maar enkele zuiveringen per waterschap een zandvanger in de sliblijn (bijvoorbeeld grote zuiveringen met slibgisting), waardoor het waterschap als geheel aangeeft niet overwegend met zandvangers in de sliblijn te werken.

AFBEELDING 5.9 HOE GAAN DE NEDERLANDSE WATERSCHAPPEN OM MET HET ZAND IN HUN INFLUENT?



5.9 TYPEN ZANDWASSERS

Vaak zijn er veel zware organische deeltjes aanwezig in het afgevangen zand. Het wassen is dan een gebruikelijke tweede stap voor het verwijderen en goed afzetten van het zand, na het verwijderen van het zand uit de water- of sliblijn. Zand wassen verwijdert organisch materiaal uit het zand. Een risico is dat er zand teruggevoerd wordt naar de zuivering. Dit organisch materiaal houdt water vast waardoor de totale massa van het af te zetten zand toeneemt. Daarnaast kan de organische stof gaan rotten waardoor er geuroverlast kan ontstaan in de omgeving. Vooral voor (kleinere) zuiveringen in de buurt van woonwijken is dit wenselijk.

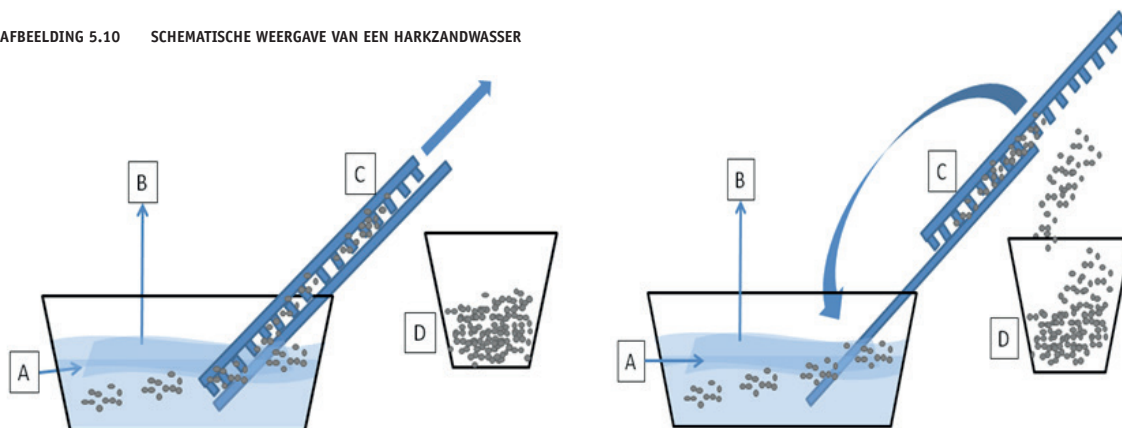
Er zijn drie typen zandwassers (1) die het zand-water mengsel dat uit de zandvanger komt verder verwerken. Het eerste type werkt met een ondergedompelde bewegende hark die onder een hoek het zand in beweging brengt, zoals te zien in afbeelding 5.10. Het tweede type werkt vergelijkbaar, en is te zien op afbeelding 5.11. In plaats van een hark gebruikt dit type een schroef die het zand omhoog verplaatst. Het derde type is de hydrocycloon, die al hierboven beschreven is als zandvanger. Hydrocyclonen worden ook gebruikt om zand te wassen.

Zoals te zien is op afbeelding 5.10 komt het water (met zand) binnen (A), waarna het zand door de hark of schroefvijzel (C) omhoog wordt geharkt. Het water zakt weg terwijl de deeltjes

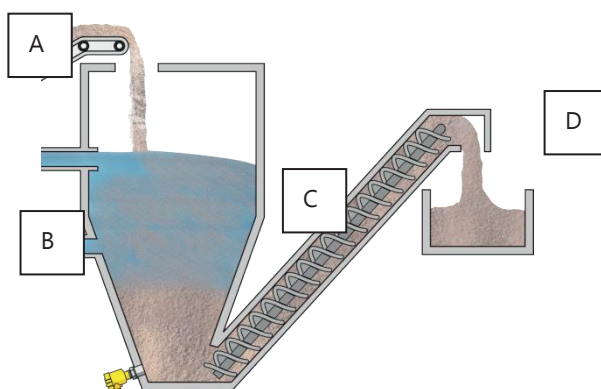
achterblijven en per harkbeweging of omwenteling van de schroef verder omhoog gevoerd worden. Dit zorgt er ook voor dat de lichtere (organische) deeltjes opgewerveld worden en afgevoerd worden via de waterafvoer (B), terwijl de zwaardere inerte deeltjes uiteindelijk eindigen in een opvangbak (D). Indien een hogere zuiverheid gewenst is kan met een sproei-installatie de organische stof extra van het zand gespoeld worden.

Zandwassers zijn vaak leveranciergebonden. De verschillende leveranciers hebben veel overeenkomsten, maar het is niet bekend welke zandwassers goed functioneren en waarom. In de praktijk is het prijsverschil doorslaggevend voor de keuze, terwijl objectieve procestechnische prestaties niet bekend zijn.

AFBEELDING 5.10 SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN EEN HARKZANDWASSER



AFBEELDING 5.11 SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN EEN SCHROEFVIJZELZANDWASSER (27)



5.10 TOEGEPASTE ZANDWASTECHNIEKEN

Over de toegepaste zandwastechnieken is niets bekend bij het CBS (26). Uit de enquêtes bleek dat het merendeel van de waterschappen het afgevangen zand wast (82,4%). Daarnaast blijkt dat waar zand gewassen wordt, dat de harkzandwasser en een zandwasser van het type “spoeler” vaak voorkomen. De spoeler is een andere benaming voor hark- of schroefzandwasser waarbij actief met water gespoeld wordt. Al dan niet gecombineerd met een sproei-/spoelsinstallatie voor het verbeteren van het waseffect en de afvoer van het organische materiaal.

6

ONTWERPRICHTLIJNEN

6.1 AANDACHTSPUNTEN BIJ ONTWERP

Uit de interviews met ingenieurbureaus en leveranciers komt een aantal factoren naar boven waar men rekening mee houdt, of rekening mee zou moeten houden, tijdens het ontwerp van of advisering over een zandvanger. Alle interviews samen geven een compleet beeld van waar op gelet moet worden. Echter ieder bureau en iedere leverancier heeft zijn eigen nadruk op bepaalde aspecten. Hieronder worden de factoren weergegeven waar aan gedacht moet worden.

6.1.1 WEL OF NIET ZAND VERWIJDEREN

Volgens de interviews met zowel de adviseurs als de leveranciers is het altijd aan te raden om zand te verwijderen. Bij installaties waar zandverwijdering economisch rendabel is wordt in eerste instantie aangeraden om zand in de waterlijn te verwijderen vanwege de hogere verwijderingsrendementen. Als er een gisting aanwezig is en slib uit installaties zonder zandverwijdering aangeleverd wordt is het aan te raden om het zand voor vergisting uit het slib te verwijderen door middel van cyclonen. Daarbij is het belangrijk dat het drogestofgehalte van het slib overeenkomt met de operationele grenzen van de gekozen cycloon.

6.1.2 KENNIS VAN HET SYSTEEM

Uit de interviews komt naar voren dat kennis van het systeem een zeer belangrijk beginpunt zou moeten zijn voor het ontwerp en dat deze kennis regelmatig ontbreekt. Het gaat dan niet alleen om hoeveel water er aangevoerd wordt en de verwachte RWA/DWA-ratio (zie hieronder), maar vooral om hoeveel zand er aangevoerd wordt en wat voor samenstelling dit zand heeft. Deze samenstelling is een combinatie van het (minerale) materiaal waaruit het zand bestaat, de mate van aanhechting van organisch materiaal aan het zand en de deeltjesgrootteverdeling.

Dit laatste is van groot belang, geven de geïnterviewden aan, maar dit wordt zelden tot nooit goed gemeten. In praktijk blijkt het primair- en surplusslib en het gewassen zand wel regelmatig geanalyseerd wordt, maar het zandgehalte en de samenstelling van zand in het influent (voor en na zandverwijdering) wordt nog niet gemeten (zie hoofdstuk 7.3). Een belangrijke noot hierbij is wel dat er op dit moment geen standaard analysetechnieken zijn om de samenstelling in influent te bepalen.

Er is een aantal methoden waarmee een representatieve monstername van zand in het influent zou worden bereikt. Alle drie zijn gebaseerd op het aanzuigen van water uit het influent en daar vervolgens zand uit verwijderen (29). De volgende systemen zijn kort beschreven in bijlage II: de enkele hevelbuis (single-siphon tube), de meervoudige hevelbuis (multi-siphon tubes) en de vertikaal geïntegreerde monsternamebuis (vertically integrated sampler).

Deze testen kunnen richting geven of het noodzakelijk is om zand te verwijderen. Door de hoeveelheid en deeltjesgrootteverdeling van het inkomend zand te meten is het risico van

niet verwijderen in te schatten. Daarnaast leveren deze meetgegevens waardevolle informatie op voor het ontwerpen en dimensioneren van de zandvangers. Een laatste toevoeging is de controle van de gebouwde zandvangers. Dit type meting maakt het mogelijk om verwijderings efficiënties te bepalen. Daarmee is het mogelijk om te evalueren of optimalisaties in zandverwijdering mogelijk zijn.

Wat uit zowel de interviews als uit de enquêtes naar voren komt is dat het voor sommige typen zandvangers van groot belang is om de leverancier in een vroeg ontwerp stadium te betrekken bij de bouw. Voor zandvangers die voornamelijk uit civiele constructies bestaan (vlakzandvangers, gootzandvanger) is dit van minder belang. Voor overwegend werktuigbouwkundige typen zoals cyclonen, beluchte zandvangers en vortex type zandvangers is het wel sterk aan te raden omdat deze per leverancier sterk verschillen.

6.1.3 OMGEVINGSFACTOREN

De expertinterviews noemen regelmatig de omgevingsfactoren als een belangrijk startpunt van het ontwerpen van een zuivering. Het zijn factoren waar niet direct een ontwerp op gemaakt kan worden, maar ze geven vaak een signaal van wat er verwacht kan worden tijdens de dagelijkse praktijk. In een ideale situatie is precies bekend hoe het influent eruit ziet, inclusief hoeveelheden zand en samenstelling van dit zand. Omdat dit zeer lastig te meten is, kunnen omgevingsfactoren gebruikt worden om een grove inschatting te maken van waar men rekening mee moet houden.

Hoeveel water er verwacht kan worden en wanneer (de verdeling van water over de tijd) wordt hieronder behandeld. Naast deze verschillen in aanvoer is ook het landschap van belang. In een heuvelachtige omgeving zal zand van een groter gebied afspoelen richting de straten, waar het vervolgens afgevoerd wordt naar de lokale zuivering. Er is bij het opstellen van deze inventarisatie gekeken naar de hoeveelheden afgevangen zand ten opzichte van de grondslag van het gebied, daar is echter geen duidelijke relatie uit waar te nemen. De kaarten die hiervoor zijn gemaakt zijn weergegeven in bijlage III.

De grootte van het aanvoergebied is van belang. Vanzelfsprekend zal een groter gerioleerd gebied relatief meer (regen)water aanvoeren dan een klein gebied. Afstromend regenwater neemt zand mee van verharde oppervlakten. De verhouding tussen de aanvoer van hemelwater en huishoudelijk afvalwater heeft dus effect op de hoeveelheid water (hydraulische belasting van de zandvanger) en de hoeveelheid aangevoerd zand.

De grootte van de aansluitingen is ook een belangrijke factor: een grote industriële aansluiting levert meer water dan een huishouden. De aard van het afvalwater bepaalt deels de hoeveelheid bezinkbare deeltjes, bijvoorbeeld waswater van industrieën kan relatief meer “zand” opleveren dan ander water zonder deeltjes.

Nieuwbouwwijken waar zand vaak los ligt op de straat en wordt afgespoeld naar het riool hebben ook een effect op de hoeveelheid zand die aangevoerd wordt naar een zuivering. Ditzelfde geldt voor industrieën die aangesloten zijn op de riolering.

Het type zand in de omgeving wordt ook als belangrijk genoemd: duinzand (voornamelijk langs de kust) en löss (voornamelijk in Limburg) zijn beide erg fijn zand (kleine korrels met een diameter die typisch kleiner zijn dan 100 µm). Dit zand is vaak moeilijk te verwijderen en kan dus problemen opleveren (zie paragraaf 4.4 en 4.6).

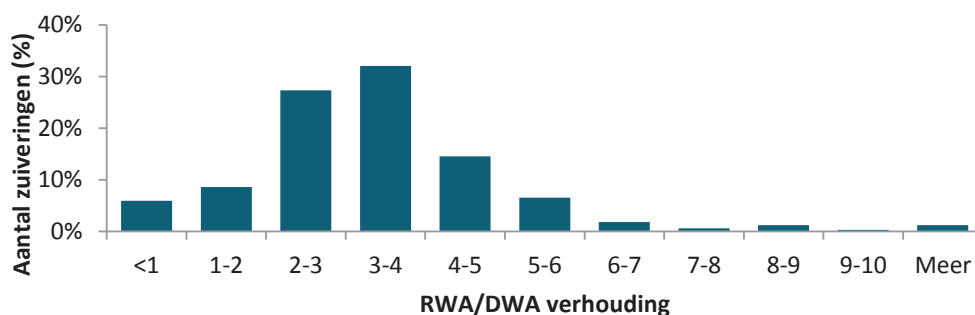
6.1.4 RWA EN DWA

De hoeveelheid water die aangevoerd wordt in een systeem is deels afhankelijk van regenval. Er is verschil tussen RWA (regenweeraanvoer) en DWA (droogweeraanvoer). De verhouding tussen deze twee en hoe vaak beide voorkomen is een belangrijke factor om mee te nemen in het ontwerpen van een zandvanger. Maximale RWA, zeer hevige regenval, zal niet vaak voorkomen. Als een zandvanger hydraulisch wordt uitgelegd voor maximale RWA dan zal het water tijdens normale regenval of periodes van droogte langzamer stromen waardoor meer zand blijft liggen in het riool en het ontvangwerk. Dit bezonken zand kan bij RWA ineens in beweging komen. Deze plotselinge verhoging van zandaanvoer kan negatief effect hebben op de verwijderingprestaties van de zandvanger. Tevens zal bij DWA, naast zand, ook (lichter) organisch materiaal bezinken in de zandvanger. Hierdoor gaat de kwaliteit van het zand achteruit. Dit gebeurt vooral bij zandvangers die uitgelegd zijn op RWA.

Andersom geldt dat als een zandvanger ontworpen wordt op DWA en er een RWA aanvoer optreedt dat het zand onvoldoende tijd heeft om te bezinken waardoor er doorslag van zand plaatsvindt naar de rest van de zuivering. Het wordt dan ook aangeraden om eerst de verhouding RWA-DWA goed te bepalen. Afbeelding 6.1 geeft een beeld van de verhoudingen zoals die in Nederland voorkomen. De meest voorkomende RWA/DWA-verhouding ligt tussen 3-4. Er zijn echter ook een aantal zuiveringen waar de RWA-aanvoer tot 20 maal zo groot kan zijn als de DWA-aanvoer.

Vervolgens moet op basis van deze ratio bepaald worden of er met één zandvanger voldoende flexibiliteit is of dat meerdere (parallelle) systemen nodig zijn om deze verschillen in aanvoer effectief te verwerken. Een duidelijke richtlijn is hier echter niet voor bekend. Dit is ook sterk afhankelijk van het gekozen zandvangsysteem.

AFBEELDING 6.1 MAXIMALE ONTWERP RWA/DWA VERHOUDINGEN IN NEDERLAND (28)

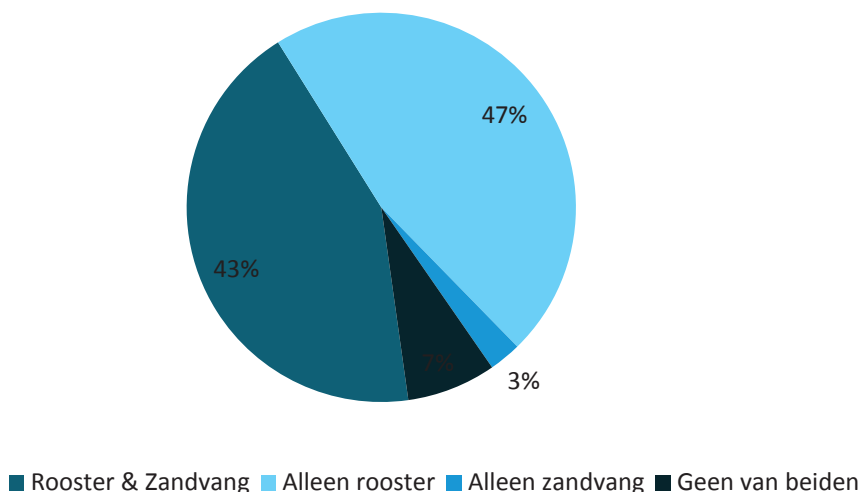


6.1.5 ROOSTERGOEDVERWIJDERING

Het influent van rwzi's bevat behalve zand en slib ook grotere vervuilingen, zoals spinsels en doekjes. In de meeste gevallen worden deze verwijderd door roostergoedverwijdering. Bij afwezigheid of verminderde werking van de roostergoedverwijdering belanden deze vervuilingen in de zandvanger. Deze kan daardoor verstopten of vastlopen. Vooral de zandwasstap is hier gevoelig voor. Zoals in afbeelding 6.2 te zien is, heeft 47% van de zuiveringen van Nederland alleen een rooster en geen zandvang. In 43% van de gevallen worden de roosters gecombineerd met zandverwijdering terwijl in 7% van de gevallen geen van beide wordt toegepast. Wel zandvangen en geen rooster komt zo goed als niet voor, op slechts 3% van de zuiveringen in Nederland. Als een goed functionerende zandvang met schoon zand gewenst is, is het aan te raden te zorgen dat de roostergoedverwijdering goed functioneert.

Naast de problemen die gebrekkige roostergoedverwijdering kan veroorzaken in de zandvanger en zandwasser kan zand al problemen opleveren voordat het de gelegenheid heeft gehad door een zandvanger te gaan. Dit kan bijvoorbeeld als het ophoopt in het aanvoerstelsel of het ontvangwerk. Bij een verhoogd afvoerdebiet (bijvoorbeeld tijdens zware regen) kan dit ineens in beweging komen waardoor het zand als een prop vervoerd wordt en in een keer in de roosters en vervolgens de zandvangers terecht komt. De roosters kunnen hierdoor beschadigen of blokkeren en er kan een tijdelijke overbelasting van de zandvanger ontstaan waardoor een deel van het zand niet verwijderd wordt of de ruimer vastloopt.

AFBEELDING 6.2 OVERZICHT VAN COMBINATIES VAN ROOSTER MET ZANDVANGERS IN NEDERLAND



6.1.6 HYDRAULISCHE INPASSING

De hydraulische inpassing van een systeem is ook een van de factoren die van belang zijn in het ontwerp van de zandverwijdering. Een zandvanger heeft een bepaald verval. Dit hydraulisch profiel moet passen in de rest van de zuivering. Als dit niet past kan gekozen worden voor ofwel een ander type zandvanger, ofwel verhoogde opvoervijzels ofwel een verdiept aangelegde zandvang. Daarnaast moet de aanvoer van water en zand, volgens de geïnterviewden, zoveel mogelijk gelijkmatig lopen: grote schommelingen van aanvoer kunnen de werking van de zandvanger nadelig beïnvloeden.

Een onderwerp dat in de praktijk van belang is om mee te nemen is dat het kan gebeuren dat de hydraulische lijn van het ontvangwerk of het aanvoerend leidingnetwerk niet goed (meer) is. Door ongelijkmatigheden (hobbels, scherpe bochten etc.) kan zand lokaal worden afgezet op plekken met lagere stromingssnelheden of kolken. Deze depositie kan ook plaatsvinden als een aanvoersysteem of ontvangwerk voor maximale aanvoer is uitgelegd, terwijl de aanvoer in de praktijk meestal lager is. Hierdoor is de doorvoersnelheid gemiddeld te laag en zal zand blijven liggen. Het is dus voor de dagelijkse bedrijfsvoering van belang om regelmatig te kijken of dit soort problemen zich voordoen en zo ja of er in het ontwerp iets aangepast kan worden.

6.2 TOEGEPASTE RICHTLIJNEN EN ONTWERPMETHODOLOGIE

Uit de interviews komt naar voren dat veel van de nieuwere zandvangers (type vortex) door leveranciers ontworpen worden. Hoe deze precies worden ontworpen is niet volledig openbaar beschikbaar. De ingenieursbureaus ontwerpen vaak op basis van kentallen, zoals de

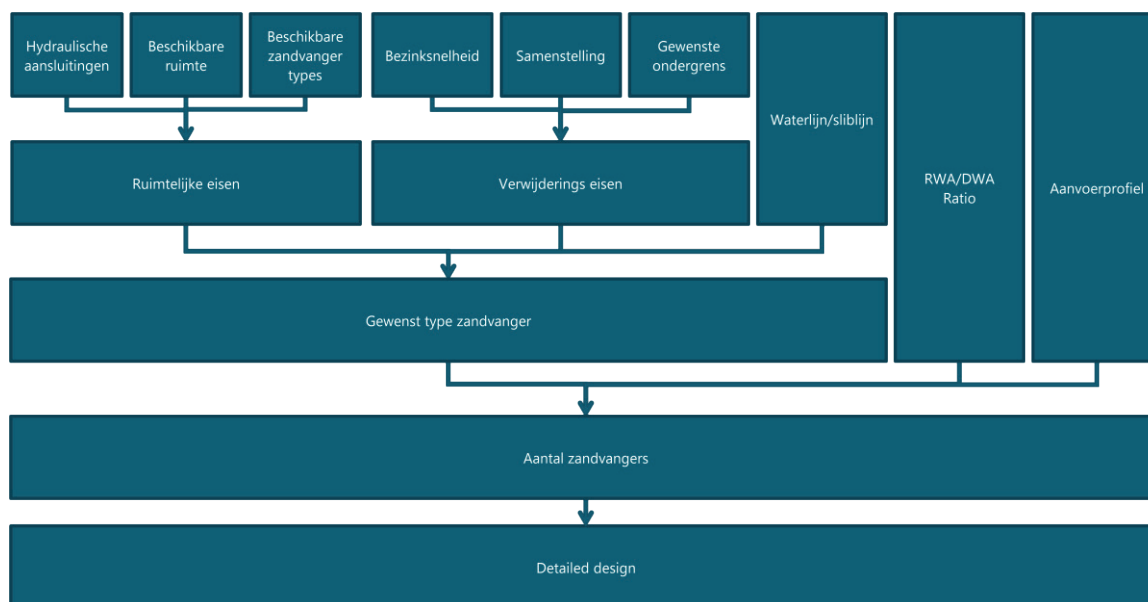
hydraulische (oppervlakte) belasting en het drogestofgehalte. De hydraulische belasting wordt met name voor vlakzandvangers, beluchte zandvangers en gootzandvangers gebruikt als kengetal, maar wordt ook regelmatig gebruikt voor vortex-types.

De methodiek voor ontwerp zoals uit de interviews naar voren komt varieert van persoon tot persoon, maar over het algemeen is de aanpak als volgt:

- Bekijk het aanvoerprofiel (onder andere fluctuatie over de tijd);
- Onderzoek de verhouding RWA/DWA;
- Bepaal de deeltjesgrootteverdeling van het inkomende zand;
- Bepaal de gewenste (realistische) ondergrens van zandgrootte;
- Bepaal de bezinkingssnelheid van deze grootte;
- Kies een type systeem dat hydraulisch in de zuivering past;
- Bepaal het aantal zandvangers op basis van de RWA/DWA-verhouding;
- Ontwerp de systemen op basis van de hydraulische belasting.

Een samenvatting van het bovenstaande is grafisch weergegeven in afbeelding 6.3.

AFBEELDING 6.3 SAMENVATTING ONTWERPSTAPPEN



7

BEDRIJFSVOERING EN OPTIMALISATIE

7.1 BEDRIJFSVOERING

Uit de literatuur en de interviews komen weinig bedrijfsvoeringaspecten naar voren die grote impact hebben op de prestatie van de zandvangers. De basis wordt gelegd met een goed ontwerp, zoals is beschreven in hoofdstuk 6. Binnen de grenzen van de zandvanger is nog wel bedrijfsmatig te sturen bij sommige typen zandvangers. Voor alle zandvangers geldt dat regelmatige inspectie en onderhoud helpen bij het op tijd constateren van gebreken in de prestatie.

Vlakzandvangers zijn lastig aan te passen in de bedrijfsvoering. Goed onderhoud en bijtijds bijstellen van de vanen (zie hoofdstuk 7.2.3) zijn hier de belangrijkste aspecten.

Mechanische vortex zandvangers zijn wat flexibeler in hun bedrijfsvoering: door de snelheid van de peddels aan te passen is het mogelijk om veranderingen teweeg te brengen in afscheiding van zand en organisch materiaal. Er zijn geen richtlijnen voor optimalisatie van de peddelsnelheid omdat dit verschilt van zuivering tot zuivering.

Vergelijkbaar kan, mits dit mogelijk is in de specifieke zandvanger, bij niet-mechanische vortex zandvangers met de omloopsnelheid worden gespeeld. In veel gevallen zal dit lastig zijn omdat het water onder vrij verval de vortex instroomt.

Beluchte zandvangers werken vergelijkbaar in bedrijfsvoering met mechanische vortex zandvangers: door de druk te veranderen waarmee lucht wordt ingeblazen verandert de omrolsnelheid van het water. Hierdoor verandert de afgescheiden korrelgrootte.

Uit de literatuur, interviews en enquête komt naar voren dat cyclonen in de sliblijn goed werken, mits goed afgesteld en zolang de aanvoer constant is. Als het aanvoerdebiet niet constant is levert dit problemen op met de bedrijfsvoering: de cyclonen werken het beste met een constante werkdruk die gegarandeerd wordt door een constante toevoer. Door een niet-constante toevoer neemt het verwijderingsrendement van de cyclonen af. Met sommige cyclonen kan de pompdruk en daarmee de vortexsnelheid in de zandvanger worden aangepast. Dit kan leiden tot een andere afgescheiden korrelgrootte.

7.2 OPTIMALISATIEMOGELIJKHEDEN

Om tijdens bedrijfsvoering zandverwijdering te optimaliseren is er een aantal maatregelen te nemen. Er is een aantal optimalisatiemogelijkheden die naar voren komen uit de interviews en enquêtes.

7.2.1 VERSMALLEN AANVOERKANAAL

Als de aanvoersnelheid van een zandvanger te laag is kan het aanvoerkanaal tussen het rooster en de zandvanger versmald worden. Hierdoor zal er minder zand bezinken in het

kanaal en zal de watertoevoer constanter worden met een hogere snelheid. Een belangrijke overweging voordat deze ingreep uitgevoerd wordt is de RWA/DWA-verhouding. Als er bij een hoge RWA-aanvoer te veel water door het versmalde aanvoerkanaal komt dan komt dit de werking van de zandvanger niet ten goede. Een overweging kan dan zijn om, zoals eerder beschreven, een extra RWA-zandvanger te installeren, inclusief eigen aanvoerkanaal.

7.2.2 AANVOERSNELHEID

Voor vortex zandvangers, beluchte zandvangers en cyclonen geldt een vergelijkbaar principe dat aan te passen is en dus geoptimaliseerd zou kunnen worden. Het gaat dan om de doorloopsnelheid van het water of, in het geval van cycloonzandvangers primair, slib. Bij een vortex is dit te regelen door de instroomsnelheid of peddelsnelheid aan te passen door de aandrijfmotor langzamer of sneller te laten lopen. Bij een beluchte zandvanger is dit te regelen door de hoeveelheid lucht en de luchtdruk aan te passen. Een cycloon is af te stellen door de aanvoersnelheid (pompdruk) te verhogen of te verlagen, binnen de grenzen van die specifieke cycloon. Voor al deze parameters lijkt te gelden dat ze redelijk specifiek op de situatie moeten worden aangepast.

7.2.3 BIJSTELLEN VAN EEN VLAKZANDVANGER

In de loop van de tijd kunnen de vanen (de geleideschotten in een vlakzandvanger die het water verdelen over de zandvanger) minder optimaal werken doordat ze verdraaid zijn, of doordat het aanvoerpatroon vanuit het voorwerk veranderd is door aanpassingen of verstoppingen. Het is voor een vlakzandvanger belangrijk om een gelijkmatige doorstroming te hebben, en daarvoor zijn de geleideschotten cruciaal. Het goed afstellen hiervan is dus ook een praktische maatregel om een slecht werkende vlakzandvanger beter te laten functioneren.

7.2.4 VOORKOMING VAN ZANDOPHOPING

Door de pompen (bijvoorbeeld air lift pompen) of schrapers die zand verwijderen af te stellen op de hoeveelheid aanvoer kan zand effectiever verwijderd worden. Normaliter staan deze pompen niet continue aan. Door vaker te pompen bij een hogere aanvoer wordt ophoping voorkomen.

7.2.5 ZANDWASSEN

Voor zandwassers geldt dat de hoeveelheid spoelwater en de snelheid van toedienen van dit spoelwater een belangrijke regelparameter is. Wordt er te weinig gespoeld, dan is er te weinig omwoeling van zand. Daardoor wordt het zand en het organisch materiaal niet goed van elkaar gescheiden worden. Als er teveel gespoeld wordt, wordt het zand opnieuw in suspensie gebracht waardoor het niet goed meer wordt afgevangen.

7.3 CONTROLEPARAMETERS: METEN IS WETEN

Er is tijdens deze inventarisatie geconcludeerd dat op dit moment erg weinig gemeten wordt aan zand. Een jaarlijkse zandafvoer per rwzi in tonnen per jaar of in containers per jaar is vaak wel bekend (>80% van de waterschappen). Sinds enkele jaren wordt daarnaast ook nog regelmatig de samenstelling van het gewassen zand (50% van de respondenten) geanalyseerd. Veelal gebeurt dit middels gloeirestbepalingen. Gloeirestbepaling van de zandfractie geeft een redelijk beeld van de kwaliteit van het afgevangen zand. Daarbij is het van belang om de definitie van zand in gedachten te houden: niet al het “zand” is anorganisch, sommige organische deeltjes kunnen zich in veel opzichten gedragen als zand. Deze zullen niet goed gemeten

worden in gloeirestbepalingen. Voor het gewassen zand geldt dat er ook zware metalen geanalyseerd worden. Vanaf 2014 rapporteren enkele waterschappen naast de hoeveelheid zand, ook het drogestofgehalte, percentage as en het zandgehalte van het zand in de meerjaren overzichten.

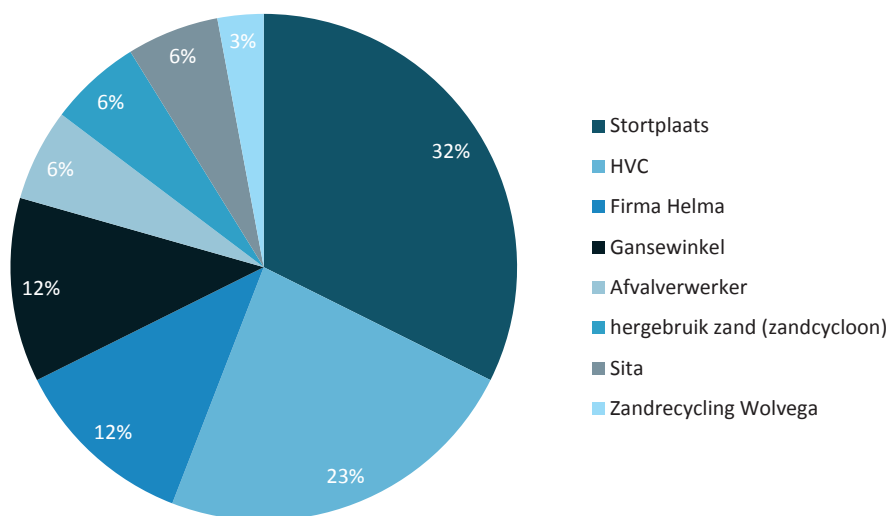
Van het primair- en surplusslib wordt in de meeste gevallen de indamprest en gloeirest bepaald. De focus van deze analyses ligt over het algemeen niet op zand. De bepaling van gloeirest in deze beide slibstromen is minder representatief voor de hoeveelheid zand die hierin aanwezig is. Dit is omdat hier andere (anorganische) componenten in kunnen zitten (e.g. chemisch slib). Sommige waterschappen voegen daarom een zandfractie analyse toe om wel een goed beeld te krijgen van de hoeveelheid zand in het slib.

Deze parameters geven een goed inzicht in hoeveel zand er afgescheiden wordt en hoe goed de afscheiding van organische stof is. Echter, een belangrijke factor mist hierin en dat is hoeveel zand er aangeleverd wordt. Door zand in het influent en effluent te meten en dit te combineren met de hoeveelheid aangevoerd water is een massabalans beter sluitend te maken dan op dit moment gebeurt. Daarmee kan direct worden bepaald hoe effectief de zandverwijdering is, hoe goed de zandwasser zijn werk doet. In de praktijk blijkt dit echter zeer lastig te realiseren, door de beperkte mogelijkheden om het zandgehalte in influent en effluent te bepalen. Daarnaast kan er een inschatting gemaakt worden van hoeveel zand er in het systeem (reactoren, leidingen, buffers et cetera) achterblijft. Deze redenering werkt ook andersom: als er veel ophoping plaatsvindt van zand in de verschillende systemen, dan is dit waarschijnlijk omdat de zandvangsers niet goed werken.

7.4 HERGEBRUIK VAN ZAND

Afbeelding 7.1 geeft weer welke afzetkanalen voor zand de Nederlandse waterschappen anno 2016 gebruiken. 32% van de waterschappen zegt het verwijderde zand te storten. 59% gaat naar gespecialiseerde afvalverwerkers (HVC, firma Helma, Van Gansewinkel, Sita of een niet nader genoemde afvalverwerker). Deze afvalverwerkers werken normaliter het zand op tot een kwaliteit geschikt voor hergebruik. De laatste 9% wordt ofwel naar Zandrecycling Wolvega gestuurd of word via zandcyclonen tot hergebruikzand opgewaardeerd.

AFBEELDING 7.1 HUIDIGE VERWERKING VAN ZAND



Afbeelding 7.2 geeft een beeld van de mogelijk (her)gebruikopties van zand op basis van korrelgrootte. Zand van zeer uiteenlopende korrelgrootten is te gebruiken in de wegenbouw of in de betonwarenindustrie. Kijkend naar de korrelgrootteverdeling van zand uit rwzi's kan dit type zand hergebruikt worden als betonzand, metselzand en/of ophoogzand, afhankelijk van de specifieke samenstelling.

AFBEELDING 7.2 GEBRUIKSNAMEN EN TOEPASSING VAN VERSCHILLENDE TYPEN ZAND (29)

korrel- grootte (mm)	korrel- grootte (µm)	indeling op korrelgrootte	gebruiksnaam	toepassingen
630		BLOKKEN	breekgrind	
200		KEIEN		
63		STENEN		
16		GRIND		betonwarenindustrie
5,6			keurgrind	
2	2000		fijn grind	
0,42	420	ZAND	uiterst grof	industriezand
0,3	300		zeer grof	
0,21	210		matig grof	
0,15	150		matig fijn	
0,105	105		zeer fijn	
0,063	63		uiterst fijn	ophoog- en vulzand
0,002	2	SILT	leem	
0	0	KLEI (LUTUM)	klei	groot keram. ind. wegenb.

m) metselspeciebouw industrie

8

SYNTHESE

Dit document geeft een overzicht van de beschikbare kennis op het gebied van zandverwijdering. Zandverwijdering is een relatief oude technologie en wordt over het algemeen niet als meest spannende onderdeel van een zuivering beschouwd. Echter, door goed om te gaan met zandverwijdering kunnen in sommige gevallen kosten bespaard worden, kunnen operationele voordelen behaald worden, kan het slib schoner worden afgezet en kan zand in sommige gevallen worden teruggewonnen.

Er is in de literatuur relatief weinig bekend over zandverwijdering in vergelijking tot andere onderdelen van een waterzuivering. Er zijn dan ook grote verschillen tussen de waterschappen over hoe over zand gedacht wordt en hoe er met zand wordt omgegaan. Sommige waterschappen zien de noodzaak niet tot het verwijderen van zand, terwijl anderen het structureel toepassen. Deze verschillen in perceptie ontstaan deels door de sterke locatieafhankelijkheid die meespeelt. In regio's met fijn zand (duinen, löss) is er een andere aanpak nodig dan in regio's met grof zand of met een grotendeels op klei gebaseerde grondslag. Daarnaast is er nog geen gestandaardiseerde meetmethode voor zand in water, dit maakt het eenduidig meten van verwijderingsprestaties van zandvangers momenteel nog erg lastig.

Op bestaande locaties is de belangrijkste overweging om te investeren in zandverwijdering dat er overlast is. Als onderdelen sneller slijten dan wenselijk, als tanks duidelijk verstoppert of als er veel zand in het slib zit is het sterk aan te raden om goed naar zandverwijdering te kijken. Is er geen duidelijke directe aanleiding dan zijn deze argumenten ook geldig: het tijdig verwijderen van zand kan leiden tot lagere slibafzetkosten en minder negatieve effecten van zand. Wel dient dit afgewogen te worden tegen de investeringskosten.

Een groot deel van de goede werking van een zandvanger wordt bepaald in de ontwerpfase. Na de bouw is er vaak nog bij te sturen door in de bedrijfsvoering zaken aan te passen, maar de ontwerpfase bepaalt de uiteindelijke prestatie. Belangrijk is daarbij om sterk op de verhouding RWA/DWA te letten. Een zandvanger die op RWA is ontworpen vangt bij DWA te veel deeltjes af, waardoor het zand veel organisch materiaal bevat. Andersom zal een zandvanger die is ontworpen voor DWA bij RWA onvoldoende zand verwijderen. Dit is te ondervangen door meerdere parallelle zandvangers toe te passen.

9

REFERENTIES

1. Tchobanoglous G, Burton FL, Stensel HD, Metcalf & Eddy, Inc, editors. Wastewater engineering: treatment and reuse. 4. ed., internat. ed., [Nachdr.]. Boston, Mass.: McGraw-Hill; 20. 1819 p. (McGraw-Hill series in civil and environmental engineering).
2. Crites RW, Tchobanoglous G. Small and decentralized wastewater management systems. Boston: McGraw Hill; 1998. 1084 p. (McGraw Hill series in water resources and environmental engineering).
3. Koot ACJ. Behandeling van afvalwater. Delft: Waltman; 1980.
4. Jansen M. Sweco Expertinterview STOWA Handboek zandverwijdering. 2016.
5. Van der Zandt E. Arcadis Expertinterview STOWA Handboek zandverwijdering. 2015.
6. Reitsma B. TAUW Expertinterview STOWA Handboek zandverwijdering. 2015.
7. Keurhorst T. Witteveen+Bos Expertinterview STOWA Handboek zandverwijdering. 2015.
8. Tegtmeier P. Bilfinger Expertinterview STOWA Handboek zandverwijdering. 2016.
9. Barter P. Hydro International Expertinterview STOWA Handboek zandverwijdering. 2015.
10. Bogema D, Haak R. Machinefabriek Bosker Expertinterview STOWA Handboek Zandverwijdering.
11. Brussee A. Dutch Spiral Expertinterview STOWA Handboek zandverwijdering. 2016.
12. Pylyser P. Dewekon Expertinterview STOWA Handboek zandverwijdering. 2016.
13. MER Aardgaswinning Waddenzeegebied vanaf locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen [Internet]. NAM/Shell; 2006 Jan. Available from: <http://s07.static-shell.com/content/dam/shell/static/nam/downloads/pdf/mer/14-mer-waddenzeewoordenlijst.pdf>
14. Vesilind PA, editor. Wastewater treatment plant design. Alexandria, Va: Water Environment Federation; 2003. 500 p.
15. McNamara B, Sherony M, Herrick P, Barter P. Hydro International Collective papers. Conduit Spring 2014. 2014;48-55.
16. NEN. NEN-EN-ISO 5667-13:2011.
17. NEN. NEN6600-1:2009 nl Water-Monsterneming -Deel 1 Afvalwater; [Internet]. 2009. Available from: <https://www.nen.nl/NEN-Shop/Norm/NEN-660012009-nl.htm>
18. NEN. NEN 6499:2014 nl Milieu - Koepelnorm voor de bepaling van het gehalte aan opgeloste en onopgeloste stoffen en droge stof en de gloeiresten daarvan.
19. NEN. NEN 6622:1988 nl Slib - Bepaling van de zandrest en de zeefrest - Gravimetrische methode [Internet]. 1988. Available from: <https://www.nen.nl/NEN-Shop/Norm/NEN-66221988-nl.htm>
20. Claessen V, Veldhoen A, Van Dijk P. Zandverwijdering op rioolwaterzuiveringsinstallaties;

meer aandacht nodig? H2O Online [Internet]. 2016 Oct 5 [cited 2016 Nov 5]; Available from: <http://vakbladh2o.nl/index.php/h2o-online/recente-artikelen/entry/zandverwijdering-op-rioolwaterzuiveringsinstallaties-meer-aandacht-nodig>

21. Claessen V. Zandrest in slib(koek), Memo waterschap de Dommel. 2013.
22. Tegtmeier P. Bilfinger. 2016.
23. Flanagan E. Grit Removal – Identification and Removal Methods. 2014.
24. Barter P, Sherony M. Grit – You don't know what you're missing! In London, UK; 2011.
25. De Jong P. Voorontwerp rwzi Amsterdam-West aspectenstudie: zandverwijdering. Witteveen+Bos; 2001.
26. Keller RJ. CIV3264 Urban Water and Wastewater Systems introduction to Wastewater System Design and practice Session 3: Hydraulics of grit chambers. Monash University; 2001.
27. TU Delft. Afvalwaterbehandeling dictaat voor Civiele gezondheidstechniek -CT3420 [Internet]. TU Delft; 2008 [cited 2015 Oct 7]. Available from: <http://ocw.tudelft.nl/fileadmin/ocw/courses/SanitaryEngineering/res00063/embedded/Afvalwaterbehandeling2008.pdf>
28. CBS. CBS gegevens zuiveringen in Nederland. 2016 Jan.
29. Black Dog analytical. Grit samplers.
30. EFGF. Enquete zand- en vet. EFGF; 2016.
31. Indaver IMPEX. Grove inschatting prijzen schoonmaken tanks. 2016.
32. Johan Niemeijer, Janny van Vliet. Zandvanger of zand verwijderen? [Internet]. Neerslag Magazine online. 2012. Available from: <http://www.neerslag-magazine.nl/magazine/artikel/556/>
33. WAVES/Unie van Waterschappen. Bedrijfsvergelijking Zuiveringsbeheer 2015 [Internet]. 2016. Available from: https://bvz-waves.databank.nl/jive?var=kwtk&cat_open=c89&geocompare=nederland&period=2012,2015.
34. Jan Willem van Aalst. Kaart van Nederlandse waterschappen per 1 januari 2017 [Internet]. Wikimedia commons; 2017. Available from: https://nl.wikipedia.org/wiki/Lijst_van_Nederlandse_waterschappen

BIJLAGE I

CASE STUDIES

Deze bijlage presenteert een aantal case studies. De cases geven een voorbeeld voor waterschappen die anders om willen gaan met zand op hun rwzi's. Het zijn rekenvoorbeelden die laten zien welke overwegingen er spelen bij het al dan niet kiezen voor verdergaande zandverwijdering. Door deze voorbeelden in te vullen met eigen gegevens, kan ieder waterschap per locatie bepalen of het opportuun is meer aandacht te besteden aan de verwijdering van zand.

In deze cases worden twee rwzi-configuraties besproken waarvoor een rekenvoorbeeld laat zien hoe er een eerste inschatting te maken is of investeren in zandverwijdering en -wassing meerwaarde heeft. Alle cases betreffen rwzi's die momenteel geen zand verwijderen. Hieronder wordt allereerst een kleinschalige zuivering met toevoeging van alleen zandvanger en zandwatter besproken. Case 2 richt zich juist op een grote zuivering met slibgisting om aan te geven wat voor effect de toevoeging van zandvangen en -wassen heeft op een grotere zand- en slibafzet.

De kosten zijn, tenzij anders vermeld, inclusief BTW. Bouwkosten zijn bepaald op basis van inschattingen op basis van praktijkgegevens en eenheidsprijzen. Investeringskosten zijn gebaseerd op de bouwkosten en een opslagfactor van 1,6. De kapitaallasten zijn bepaald op basis van financiële afschrijvingstermijnen van civiel (30 jaar), mechanisch (15 jaar), elektrische (15 jaar) en procesautomatisering (10 jaar). Voor de berekening van de annuïteiten is een reële rente van 0,5% gebruikt op basis van een rente van 2,5% en 2% inflatie.

Onderhoud voor de nieuw te bouwen installaties is bepaald op basis van onderhoudskosten voor de verschillende disciplines op basis van de bouwkosten. Voor civiel wordt 0,5% onderhoudskosten gerekend, voor mechanisch, elektrisch en procesautomatisering worden alle drie 3% onderhoudskosten gerekend. Personeelslasten zijn in dit voorbeeld buiten beschouwing gelaten.

De cases worden behandeld volgens een stappenplan:

- 1 bepaal de verschillen in afzetkosten tussen zand met slibtarief en zand met een zandtarief
 - bepaal de hoeveelheid drogestof die wordt afgezet;
 - bepaal de hoeveelheid zand in deze hoeveelheid drogestof;
 - bepaal hiervan de afzetkosten bij afzet als slib;
 - bepaal hiervan de afzetkosten als zand;
- 2 bepaal de kapitaallasten van een zandvanger en -wasser;
- 3 bepaal de besparingen op beheer en onderhoud;
- 4 maak een afweging op basis van de bovengenoemde kosten en baten.

De onderstaande cases geven een voorbeeld hoe een grove inschatting gedaan kan worden. Ze nemen hiermee nadrukkelijk niet de rol over van een volledige variantenstudie of systeemkeuzeonderzoek. De cases zijn juist bedoeld als hulp bij de beslissing of verder onderzoek de moeite waard is. In alle cases zijn de investeringskosten alleen bepaald voor de zandvanger en zandwasser zelf. Bijkomende locatiespecifieke kosten, zoals (hydraulische) inpassing, leidingwerk en aanpassing van de besturing zijn hiervan geen onderdeel.

9.1 CASE 1: ZAND VANGEN OP EEN KLEINSCHALIGE ZUIVERING

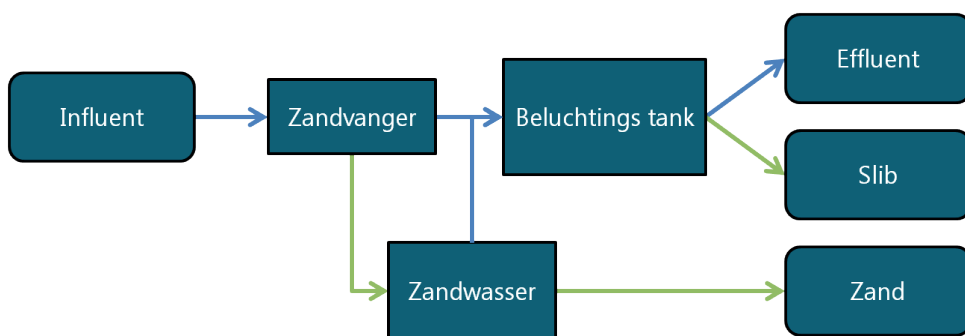
In het eenvoudigste geval heeft een rwzi geen installatie om zand te verwijderen, waarvan het vereenvoudigde blokkenschema hieronder is weergegeven in afbeelding 9.1. In de meeste gevallen gaat dit om kleinschalige zuiveringen zonder voorbezinktank waarvan het slib wordt afgevoerd en elders wordt verwerkt. De waarden in het rekenvoorbeeld zijn gebaseerd op een zuivering van ~ 15.000 i.e., met een DWA capaciteit van $2000 \text{ m}^3/\text{dag}$ en een RWA capaciteit van $14.000 \text{ m}^3/\text{dag}$.

Het voorbeeld hieronder gaat uit van de toevoeging van een zandvanger en zandwasser in de waterlijn, zoals is weergegeven in afbeelding 9.2. Het zand kan hierdoor gescheiden worden afgezet van het slib tegen mogelijk lagere afzetkosten.

AFBEELDING 9.1 EENVOUDIGE ZUIVERING ZONDER ZANDVERWIJDERING



AFBEELDING 9.2 EENVOUDIGE ZUIVERING MET ZANDVANGER



9.1.1 GESCHEIDEN AFZETTEN

De huidige slibafzetkosten zijn relatief eenvoudig te berekenen. Dit is een kostenpost die vaak bekend is bij de administratie van een zuivering of waterschap. Tabel 9.1 geeft een voorbeeldberekening voor een kleine zuivering. Voor de berekening van huidige slibafzetkosten zijn de volgende parameters nodig:

- Huidige hoeveelheid afgezet slib (gemeten in ton/jaar of m^3/jaar);
- zandgehalte van het slib (gemeten in % zand in slib);
- Eindafzetkosten van het slib (meestal gegeven in EUR/ton ds);
- Eindafzetkosten van zand (meestal gegeven in EUR/ton (vochtig) zand);

TABEL 9.1 GESCHIEDEN AFZET VAN ZAND

Parameter	Waarde	Eenheid	Opmerking/bron
Eindafzet drogestof	330	ton ds/jaar	
zandrest van het ds	8	% zandrest van ds	Aanname
Eindafzet zand	26,4	ton ds/jaar	
Drogestofgehalte zand	60	% ds	Aanname
Eindafzet zand	44	ton nat zand/jaar	
Slib afzetkosten	350	EUR/ton ds	Op basis van typische afzettarieven
Afzetkosten zand	98	EUR/ton nat zand	Op basis van gegevens van enquêtes uitgevoerd voor dit onderzoek.
Afzetkosten zand als slib	9.240	EUR/jaar	afzetkosten o.b.v. slibafzetkosten
Afzetkosten zand als zand	4.312	EUR/jaar	afzetkosten o.b.v. zandafzetkosten
Besparing door gescheiden afzet	4.928	EUR/jaar	

Bovenstaande berekening geeft een redelijke eerste inschatting, als meer diepgang gewenst is, houd dan rekening met de volgende factoren:

- Meting drogestof en zandrest:
 - Het is voor een correcte inschatting goed om voor langere tijd regelmatig het ds- en zandgehalte te meten;
 - De bepaling van de zandrest wordt (nog) niet door alle waterschappen toegepast. Als er geen zandrestmetingen gedaan zijn is een aanname van tussen de 5-15% zand in de drogestof realistisch voor deze berekeningen.
- Afzetkosten:
 - Tarieven verschillen van afnemer tot afnemer. In sommige gevallen is er onderscheid tussen vaste en variabele kosten. Door de hoeveelheid slib te verlagen, wijzigen alleen de variabele kosten. Kijk dus goed hoe de kostenconstructie in elkaar zit.
 - In Nederland liggen de prijzen voor zandverwerking tussen 11 EUR/ton nat zand tot 98 EUR/ton nat zand (30);
 - De meeste waterschappen betalen momenteel circa 98 EUR/ton (nat) zand, het gemiddelde van alle waterschappen is circa. 70 EUR/ton (nat) zand;
- Bij sommige afnemers moet het afgezette zand aan bepaalde kwaliteitseisen voldoen, dit kan de afzetbaarheid beïnvloeden.

9.1.2 JAARLIJKE LASTEN NIEUWE SYSTEMEN

Om de scheiding van zand en slib te realiseren zoals voorgerekend in 9.1.1 zijn nieuwe systeemonderdelen nodig. In deze casus beperkt dat zich tot het plaatsen van een zandvanger en een zandwasser in de waterlijn. Deze paragraaf geeft een rekenvoorbeeld voor de bepaling van de kapitaallasten en onderhoudskosten van 2 veel voorkomende typen zandvangers: de vlakzandvanger en de vortex zandvanger. Beide typen worden gecombineerd met een zandwasser. Voor de berekening van de kapitaallasten zijn de volgende parameters nodig:

- Gewenst type zandvanger;
- Gewenst type zandwasser;
- Aantal zandvangers vereist (afhankelijk van de capaciteit van het type zandvanger);
- Investerings voor zandvanger en zandwasser (weergegeven in EUR);
- Financiële afschrijvingstermijn van de nieuwe installaties (weergegeven in jaren);
- Staartkostenfactor voor de omrekening van bouwkosten naar investeringen;
- Annuïteit: rente tarief, inflatie;

Op basis van de praktijkkennis van Witteveen+Bos en leveranciers is voor deze schaalgrootte een inschatting gemaakt van de bouwkosten van de verschillende systeemonderdelen die nodig zijn voor deze zuivering. Deze zijn weergegeven in tabel 9.2. Houdt hierbij in gedachten dat dit een grove inschatting is ter illustratie van de rekenmethode. De beste benadering voor meer accurate inschatting is om een aangepast kostenraming te (laten) maken voor een eigen zuivering.

TABEL 9.2 BOUWKOSTEN SYSTEEMONDERDELEN

Parameter	Waarde	Eenheid
Bouwkosten vlakzandvanger	475.000	EUR
Bouwkosten Vortex zandvanger	140.000	EUR
Bouwkosten zandwasser	45.000	EUR

De bouwkosten worden omgezet naar investeringskosten middels een staartfactor met aangenomen waarde 1,6. De investeringen die de verschillende systeemdelen eisen zijn weergegeven in tabel 9.3.

TABEL 9.3 INVESTERINGEN SYSTEEMONDERDELEN

Parameter	Waarde	Eenheid
Investering vlakzandvanger C/W/E/PA = 75/15/15/0	760.000	EUR
Investering Vortex zandvanger C/W/E/PA = 10/75/10/5	225.000	EUR
Investering zandwasser C/W/E/PA = 10/75/10/5	72.000	EUR

De kapitaallasten zijn bepaald op basis van financiële afschrijvingstermijnen van civiel (30 jaar), mechanisch (15 jaar), elektrische (15 jaar) en procesautomatisering (10 jaar). Voor de berekening van de annuïteiten is een reële rente van 0,5% gebruikt op basis van een rente van 2,5% en 2% inflatie. De kapitaallasten zijn weergegeven in tabel 9.4.

TABEL 9.4 KAPITAALLASTEN SYSTEEMONDERDELEN

Parameter	Waarde	Eenheid
Kapitaallasten vlakzandvanger	27.500	EUR/jaar
Kapitaallasten Vortex zandvanger	11.100	EUR/jaar
Kapitaallasten zandwasser	3.600	EUR/jaar

Onderhoud voor de nieuw te bouwen installaties is bepaald op basis van onderhoudskosten voor de verschillende disciplines op basis van de bouwkosten. Voor civiel wordt 0,5% onderhoudskosten gerekend, voor mechanisch, elektrisch en procesautomatisering worden alle drie 3% onderhoudskosten gerekend. Personeelslasten zijn in dit voorbeeld buiten beschouwing gelaten.

TABEL 9.5 ONDERHOUDSKOSTEN SYSTEEMONDERDELEN

Parameter	Waarde	Eenheid
Onderhoudskosten vlakzandvanger	5.400	EUR/jaar
Onderhoudskosten Vortex zandvanger	3.900	EUR/jaar
Onderhoudskosten zandwasser	1.200	EUR/jaar

Bovenstaande berekening geeft een redelijke eerste inschatting, als meer diepgang gewenst is, houd dan rekening met de volgende factoren:

- Een aantal factoren hangen af van het type zandvanger en leverancier. Dit zijn onder andere de:
 - Investeringskosten;
 - Zandverwijderingsefficiëntie;
 - Kwaliteit van afgezet zand;
 - Operationele kosten, deze zijn nu niet meegenomen (e.g. energiegebruik);
 - Het aantal zandvangers dat nodig is om een bepaald debiet te behandelen (i.e. volumetrische capaciteit van de zandvanger);
- De operationele levensduur van een zandvanger en zandwasser wordt mede bepaald door:
 - Initiële kwaliteit van het systeem;
 - Onderhoud;
 - Slijtage.

9.1.3 BESPARINGEN OP REINIGING VAN TANKS

Naast besparingen op afzetkosten heeft het verwijderen van zand nog meer voordelen, zoals al gemeld in 9.1.2. Zand kan zorgen voor verstoppingen in leidingen en tanks, dit kan leiden tot significante verstoringen van de dagelijkse operatie. Ook kan zand zorgen voor verminderde volumes van e.g. beluchtingtanks.

Een belangrijke voetnoot hierbij is dat de kosten voor het leegzetten en schoonmaken van de tanks nu worden toegerekend aan zand. Sommige waterschappen kiezen er ook voor om met een vaste frequentie te reinigen zonder hierin rekening te houden met de kwaliteit van zandverwijdering.

In deze casus gaan we uit van alleen een (open) beluchtingstank. Voor de berekening van de besparingen op schoonmaakkosten zijn de volgende parameters nodig:

- Huidige schoonmaakfrequentie (weergegeven als eens per hoeveel jaar schoonmaak nodig is);
- Kosten per schoonmaakbeurt (EUR per keer);
- Verwachte afname in schoonmaakfrequentie;

TABEL 9.6 BESPARINGEN OP BEHEER EN ONDERHOUD

Parameter	Waarde	Eenheid	Opmerking
Kosten schoonmaken open tankstructuren	60.500	EUR/keer	Aanname op basis van praktijkkennis (31,32)
Frequentie schoonmaken zonder zandvang	0,11	per jaar	Eens per 9 jaar (32)
Frequentie schoonmaken met zandvang	0,07	per jaar	Eens per 15 jaar, aanname;
Jaarlasten zonder zandvang	6.700	EUR/jaar	jaarlasten op basis van schoonmaken open tankstructuren
Jaarlasten met zandvang	4.000	EUR/jaar	
Jaarlijkse besparing	2.700	EUR/jaar	

Bovenstaande berekening geeft een redelijke eerste inschatting, als meer diepgang gewenst is, houdt dan rekening met de volgende factoren:

- Schoonmaakkosten variëren afhankelijk van:
 - De specifieke tarieven van het schoonmaakbedrijf;
 - Hoe vervuild de tanks zijn;
 - Hoe schoon de tanks moeten worden;
 - Hoe makkelijk/moeilijk de werkzaamheden zijn (i.e. obstakels, besloten ruimten et cetera);

- Naast schoonmaken van tanks zijn er nog andere kosten en besparingen in beheer en onderhoud. Deze zijn hier niet meegenomen omdat die ofwel te specifiek zijn per type zandvanger, ofwel zeer lastig te kwantificeren zijn. De kostenposten zijn:
 - Extra kosten door beheer en onderhoud van zandvanger;
 - Besparingen (ten opzichte van de situatie zonder goede zandverwijdering) door een groter actief volume en verminderde slijtage aan pompen;

9.1.4 INVESTERINGSOVERWEGING

De laatste stap in het stappenplan is het samenvoegen van de gegevens die in 9.1.1 tot 9.1.3 zijn gegenereerd om te komen tot een afweging of verder investeren interessant is. De investeringsoverweging is in de basis een samenspel van de besparingen op slibafzet en onderhoud en de kapitaallasten van de aanleg van nieuwe systemen.

Voor de berekening van de totale financiële balans zijn de volgende parameters nodig:

- Besparing gescheiden afzetten van zand (zoals berekend in 9.1.1 in EUR/jaar);
- Kapitaallasten aanleg nieuwe zandvanger en zandwasser (zoals berekend in 9.1.2 in EUR/jaar);
- Onderhoudskosten nieuwe zandvanger en zandwasser (zoals berekend in 9.1.2 in EUR/jaar);
- Besparing schoonmaakkosten open tanks (zoals berekend in 9.1.3 in EUR/jaar);

In tabel 9.7 en 6.8 is te zien dat in beide gevallen de toevoeging van een zandvanger meer lasten met zich meebrengt dan het aan besparingen oplevert. Binnen de aannames van case 1 is het dus op financiële gronden niet interessant om verder te gaan kijken naar een investering in zandvangers. Andere argumenten, zoals eenvoudiger beheer van de installatie door een robuuster systeem met minder storingen kunnen echter ook een rol spelen in de uiteindelijke keuze.

TABEL 9.7 AFGEROND FINANCIËEL OVERZICHT OP BASIS VAN VLAKZANDVANGER;

Parameter	Waarde	Eenheid
Besparing door gescheiden afzet	4.900	EUR/jaar
Kapitaallasten zandvanger	-27.500	EUR/jaar
kapitaallasten zandwasser	-3.600	EUR/jaar
Onderhoudskosten zandvanger	-5.400	EUR/jaar
Onderhoudskosten zandwasser	-1.200	EUR/jaar
Besparing op schoonmaakkosten	2.700	EUR/jaar
Totaal	-31.600	EUR/jaar

TABEL 9.8 AFGEROND FINANCIËEL OVERZICHT OP BASIS VAN VORTEX ZANDVANGER

Parameter	Waarde	Eenheid
Besparing door gescheiden afzet	4.900	EUR/jaar
Kapitaallasten zandvanger	-11.100	EUR/jaar
kapitaallasten zandwasser	-3.600	EUR/jaar
Onderhoudskosten zandvanger	-3.900	EUR/jaar
Onderhoudskosten zandwasser	-1.200	EUR/jaar
Besparing op schoonmaakkosten	2.700	EUR/jaar
Totaalbalans	-13.700	EUR/jaar

Bovenstaande berekening geeft een redelijke eerste inschatting, als meer diepgang gewenst is, houdt dan rekening met de volgende factoren:

- De berekening zoals hierboven weergegeven is een ruwe inschatting;
- Op basis van de resultaten kan worden geschat of verder onderzoek zinvol is;
- De waarden waarmee gerekend is zijn sterk afhankelijk van de lokale situatie en de schaalgrootte van de zuivering;
- Voor een gedegen besluit moet te allen tijde een gedetailleerde, op maat gemaakte berekening uitgevoerd worden voordat investeringsbeslissingen genomen worden;

9.2 CASE 2: ZAND VANGEN OP EEN GROOTSCHALIGE ZUIVERING

Deze casus gaat in op een deel van een grote zuivering (aangenomen: 250.000 i.e.). In de meeste gevallen gaat dit om een zuivering met voorbezinktank. Deze casus gaat uit van zandverwijdering in de sliblijn en benadert de sliblijn als kleiner subsysteem, schematisch weergegeven in afbeelding 9.3. De focus ligt op primair slib, aangezien daar het zand ter plaatse uit verwijderd kan worden.

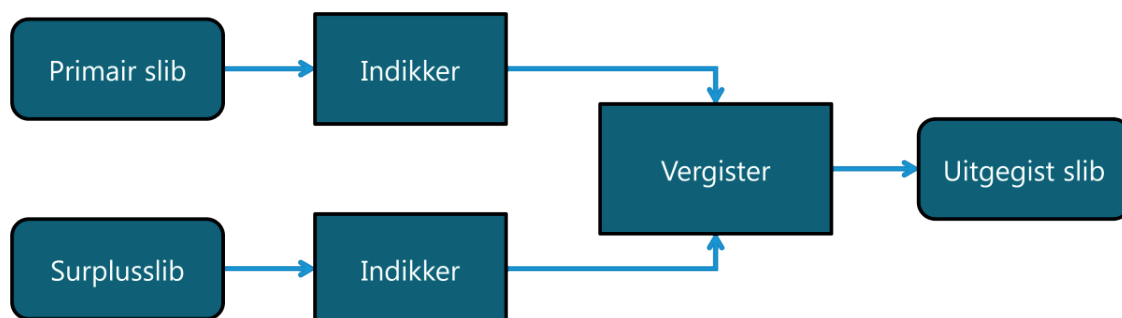
Grote zuiveringen fungeren vaak als centrale slibverwerking waar extern slib verwerkt wordt. In deze casus is deze slibstroom buiten beschouwing gelaten. Dit is gedaan omdat zand niet goed te verwijderen is uit extern slib. Het slib heeft door indikking en ontwatering een te hoog drogestofgehalte om ontdaan te worden van zand. Dit slib zou op de oorspronkelijke zuivering ontdaan moeten worden van zand, waarvoor dan een vergelijkbare casus geldt als Case 1.

Het voorbeeld hieronder gaat uit van de toevoeging van een zandvanger in de sliblijn, zoals is weergegeven in afbeelding 9.4. Het zand kan hierdoor gescheiden worden afgezet van het slib tegen mogelijk lagere afzetkosten.

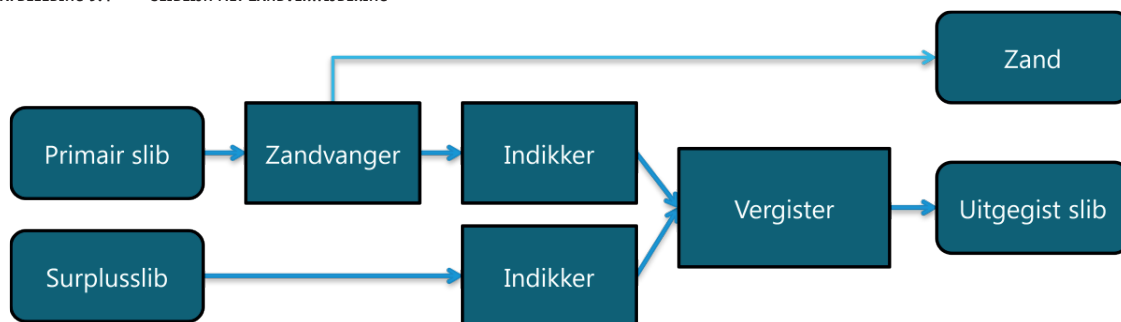
De waarden in het rekenvoorbeeld zijn gebaseerd op een zuivering van ~250.000 i.e., met een DWA capaciteit van 30.000 m³/dag en een RWA capaciteit van 120.000 m³/dag.

Voor Case 2 worden dezelfde stappen en methodiek gebruikt als Case 1. Om herhaling te voorkomen is in Case 2 de tekst ingekort, waardoor de factoren die uit praktijk belangrijk zijn om in gedachten te houden hier zijn weggelaten. Deze zijn terug te vinden bij de corresponderende paragraaf van Case 1.

AFBEELDING 9.3 SLIBLIJN ZONDER ZANDVERWIJDERING



AFBEELDING 9.4 SLIBLIJN MET ZANDVERWIJDERING



9.2.1 GESCEIDEN AFZETTEN

De huidige slibafzetkosten zijn relatief eenvoudig te berekenen. Dit is een kostenpost die vaak bekend is bij de administratie van een zuivering of waterschap. Tabel 9.9 geeft een voorbeeldberekening voor een grote zuivering. Voor de berekening van huidige slibafzetkosten zijn de volgende parameters nodig:

- Huidige hoeveelheid afgezet slib (gemeten in ton/jaar of m³/jaar);
- zandgehalte van het slib (gemeten in % zand in slib);
- Eindafzetkosten van het slib (meestal gegeven in EUR/ton ds);
- Eindafzetkosten van zand (meestal gegeven in EUR/ton (vochtig) zand);

TABEL 9.9 GESCEIDEN AFZET VAN ZAND

Parameter	Waarde	Eenheid	Opmerking/bron
Eindafzet drogestof	6.300	ton ds/jaar	
zandrest van het ds	8	% zandrest van ds	Aanname
Eindafzet zand	504	ton ds/jaar	
Drogestofgehalte zand	60	%	Aanname
Eindafzet zand	840	ton/jaar	
Slibafzetkosten	350	EUR/ton ds	Op basis van typische afzettarieven
Afzetkosten zand	98	EUR/ton nat zand	Op basis van gegevens van enquêtes uitgevoerd voor dit onderzoek.
Afzetkosten zand als slib	176.400	EUR/jaar	afzetkosten o.b.v. slibafzetkosten
Afzetkosten zand als zand	82.320	EUR/jaar	afzetkosten o.b.v. zandafzetkosten
Besparing door gescheiden afzet	94.080	EUR/jaar	

9.2.2 JAARLIJKE LASTEN NIEUWE SYSTEMEN

Om de scheiding van zand en slib te realiseren zoals voorgerekend in 9.2.1 zijn nieuwe systeemonderdelen nodig. In deze casus beperkt dat zich tot het plaatsen van een zandvanger en een zandwasser in de sliblijn. Deze paragraaf geeft een rekenvoorbeeld voor de bepaling van de kapitaallasten en onderhoudskosten van een hydrocycloon gecombineerd met een zandwasser. Voor de berekening van de kapitaallasten zijn de volgende parameters nodig:

- Gewenst type zandvanger;
- Gewenst type zandwasser;
- Aantal zandvangers vereist (afhankelijk van de capaciteit van het type zandvanger);
- Investeringskosten voor zandvanger en zandwasser (weergegeven in EUR);
- Financiële afschrijvingstermijn van de nieuwe installaties (weergegeven in jaren);
- Staatkostenfactor voor de omrekening van bouwkosten naar investeringen;
- Annuïteiten: rente tarief, inflatie;

Op basis van de praktijkkennis van Witteveen+Bos en leveranciers is voor deze schaalgrootte een inschatting gemaakt van de bouwkosten van de verschillende systeemonderdelen die nodig zijn voor deze zuivering. Deze zijn weergegeven in tabel 9.10. Houd hierbij in gedachten dat dit een grove inschatting is ter illustratie van de rekenmethode. De beste benadering voor meer accurate inschatting is om een kostenraming te (laten) maken voor een eigen zuivering.

TABEL 9.10 BOUWKOSTEN SYSTEEMONDERDELEN

Parameter	Waarde	Eenheid
Bouwkosten hydrocycloon	28.500	EUR
Bouwkosten zandwasser	45.000	EUR

De bouwkosten worden omgezet naar investeringskosten middels een staartfactor met aangenomen waarde 1,6. De investeringen die de verschillende systeemdelen eisen en de onderverdeling over civiele, werktuigbouwkundige, elektrotechnische en PA-kosten zijn weergegeven in tabel 9.11.

TABEL 9.11 INVESTERINGEN SYSTEEMONDERDELEN

Parameter	Waarde	Eenheid
Investering hydrocycloon C/W/E/PA = 10/75/10/5	45.600	EUR
Investering zandwasser C/W/E/PA = 10/75/10/5	72.000	EUR

De kapitaallasten zijn bepaald op basis van financiële afschrijvingstermijnen van civiel (30 jaar), mechanisch (15 jaar), elektrische (15 jaar) en procesautomatisering (10 jaar). Voor de berekening van de annuïteiten is een reële rente van 0,5% gebruikt op basis van een rente van 2,5% en 2% inflatie. De kapitaallasten zijn weergegeven in tabel 9.12.

TABEL 9.12 KAPITAALLASTEN SYSTEEMONDERDELEN

Parameter	Waarde	Eenheid
Kapitaallasten hydrocycloon	2.260	EUR/jaar
Kapitaallasten zandwasser	3.500	EUR/jaar

Onderhoud voor de nieuw te bouwen installaties is bepaald op basis van onderhoudskosten voor de verschillende disciplines op basis van de bouwkosten. Voor civiel wordt 0,5% onderhoudskosten gerekend, voor mechanisch, elektrisch en procesautomatisering worden alle drie 3% onderhoudskosten gerekend. Personeelslasten zijn in dit voorbeeld buiten beschouwing gelaten.

TABEL 9.13 ONDERHOUDSKOSTEN SYSTEEMONDERDELEN

Parameter	Waarde	Eenheid
Onderhoudskosten hydrocycloon	780	EUR/jaar
Onderhoudskosten zandwasser	1.240	EUR/jaar

9.2.3 BESPARINGEN OP TANKSCHOONMAAKKOSTEN

Naast besparingen op afzetkosten heeft het verwijderen van zand nog meer voordelen. Zand kan zorgen voor verstoppingen in leidingen en tanks, dit kan leiden tot significante verstoringen van de dagelijkse bedrijfsvoering. Ook kan zand zorgen voor verminderde volumes van e.g. gistingstanks.

In deze casus gaan we uit van alleen een gesloten gistingstank. Voor de berekening van de besparingen op schoonmaakkosten zijn de volgende parameters nodig:

- Huidige schoonmaakfrequentie (weergegeven per hoeveel jaar schoonmaak nodig is);
- Kosten per schoonmaakbeurt (EUR per keer);
- Verwachte afname in schoonmaakfrequentie;

TABEL 9.14 **BESPARINGEN OP BEHEER EN ONDERHOUD**

Parameter	Waarde	Eenheid	Opmerking
Kosten leeghalen en schoonmaken gisting	1.200.000	EUR/keer	Aanname op basis van praktijkkennis
Frequentie schoonmaken zonder zandvang	0,11	per jaar	Eens per 9 jaar (32)
Frequentie schoonmaken met zandvang	0,07	per jaar	Eens per 15 jaar, aanname op basis van praktijkkennis;
Jaarlasten zonder zandvang	133.500	EUR/jaar	jaarlasten op basis van schoonmaken slibgistingstank
Jaarlasten met zandvang	80.100	EUR/jaar	
Besparing	53.400	EUR/jaar	

9.2.4 INVESTERINGSOVERWEGING

De laatste stap in het stappenplan is het samenvoegen van de gegevens die in 9.2.1 tot 9.2.3 zijn gegenereerd om te komen tot een afweging of verder investeren interessant is. De investeringsoverweging is in de basis een samenspel van de besparingen op slibafzet en onderhoud en de kapitaallasten van de aanleg van nieuwe systemen.

Voor de berekening van de totale financiële balans zijn de volgende parameters nodig:

- Besparing gescheiden afzetten van zand (zoals berekend in 9.2.1 in EUR/jaar);
- Kapitaallasten aanleg nieuwe zandvanger en zandwasser (zoals berekend in 9.2.2 in EUR/jaar);
- Onderhoudskosten nieuwe zandvanger en zandwasser (zoals berekend in 9.2.2 in EUR/jaar);
- Besparing schoonmaakkosten slibgistingstanks (zoals berekend in 9.2.3 in EUR/jaar);

In tabel 9.15 is te zien dat in beide gevallen de toevoeging van een zandvanger meer besparingen met zich meebrengt dan het aan lasten oplevert. Binnen de aannames van case 2 is het dus op financiële gronden erg interessant om verder te gaan kijken naar een investering in zandvangen. Andere argumenten, zoals eenvoudiger beheer van de installatie door een robuuster systeem met minder storingen kunnen een extra impuls geven in de uiteindelijke keuze.

TABEL 9.15 **AFGEROND FINANCIËEL OVERZICHT OP BASIS VAN HYDROCYCLOON**

Parameter	Waarde	Eenheid
Besparing door gescheiden afzet	94.100	EUR/jaar
Kapitaallasten zandvanger	-2.300	EUR/jaar
kapitaallasten zandwasser	-3.600	EUR/jaar
Onderhoudskosten zandvanger	-800	EUR/jaar
Onderhoudskosten zandwasser	-1.200	EUR/jaar
Besparing op schoonmaakkosten	53.400	EUR/jaar
Totale besparing	139.600	EUR/jaar

BIJLAGE II

INFLUENTBEMONSTERINGSTECHNIEKEN

Deze bijlage gaat kort in op een aantal verschillende technieken om het zandgehalte in het influent te meten. Deze technieken zijn afkomstig van een Amerikaans bedrijf, gespecialiseerd in deze monsternamen. Deze methoden zijn, voor zover bekend, niet in Nederland getest en gevalideerd.

ENKELE HEVELBUIS

Een enkele, gebogen buis (diameter circa 2,5 cm, zie afbeelding 9.5) wordt in de waterkolom gehangen met de opening tegen de stroom in. De buis wordt zodanig geïnstalleerd dat deze een hevelwerking heeft waardoor het water overloopt naar een kleine bezinkinrichting. Het nadeel aan deze methode is dat de buis over de breedte en de hoogte van de waterkolom verplaatst moet worden voor een representatief beeld van het gehele influent. Deze methode is echter wel goedkoop en kan uitgevoerd worden als de ruimte waarin gemeten moet worden beperkt is.

AFBEELDING 9.5

ENKELE HEVELBUIS MONSTERNAMEBUIS

**MEERVOUDIGE HEVELBUIS**

De meervoudige hevelbuis (afbeelding 9.6) werkt volgens hetzelfde principe als de enkele hevelbuis met het verschil dat de meervoudige hevel alleen over de breedte van de waterkolom verplaatst hoeft te worden. Het systeem meet echter alleen op de hoogte waarop de verschillende buizen zich in de waterkolom bevinden.

Dit systeem is duurder om te bouwen en lastiger om uit te voeren omdat iedere buis in dit meervoudige systeem zijn eigen bezinkinrichting nodig heeft in deze methodologie.

AFBEELDING 9.6

MEERVOUDIGE HEVELBUIJBUIJS MONSTERNAMEBUIJS



VERTICAAL GEÏNTEGREERDE MONSTERNAMEBUIJS

De verticaal geïntegreerde monsternamebuis (afbeelding 9.7) bestaat uit een dikkere pijp met een verticale sleuf erin. Aan de onderkant van de pijp zit een afdichting met eenzelfde sleuf. Door water uit deze pijp aan te zuigen kan over de gehele hoogte van de waterkolom bemonsterd worden. De breedte van de sleuf wordt aangepast aan het debiet van het influent, de hoogte van de waterkolom en het pompdebiet. Door deze aanpassing kan de monsternamepomp met een gelijk debiet water afvoeren als dat het er via de hevelsystemen doorheen zou stromen.

AFBEELDING 9.7

VERTIKAAL GEÏNTEGREERDE MONSTERNAMEBUIJS



BIJLAGE III

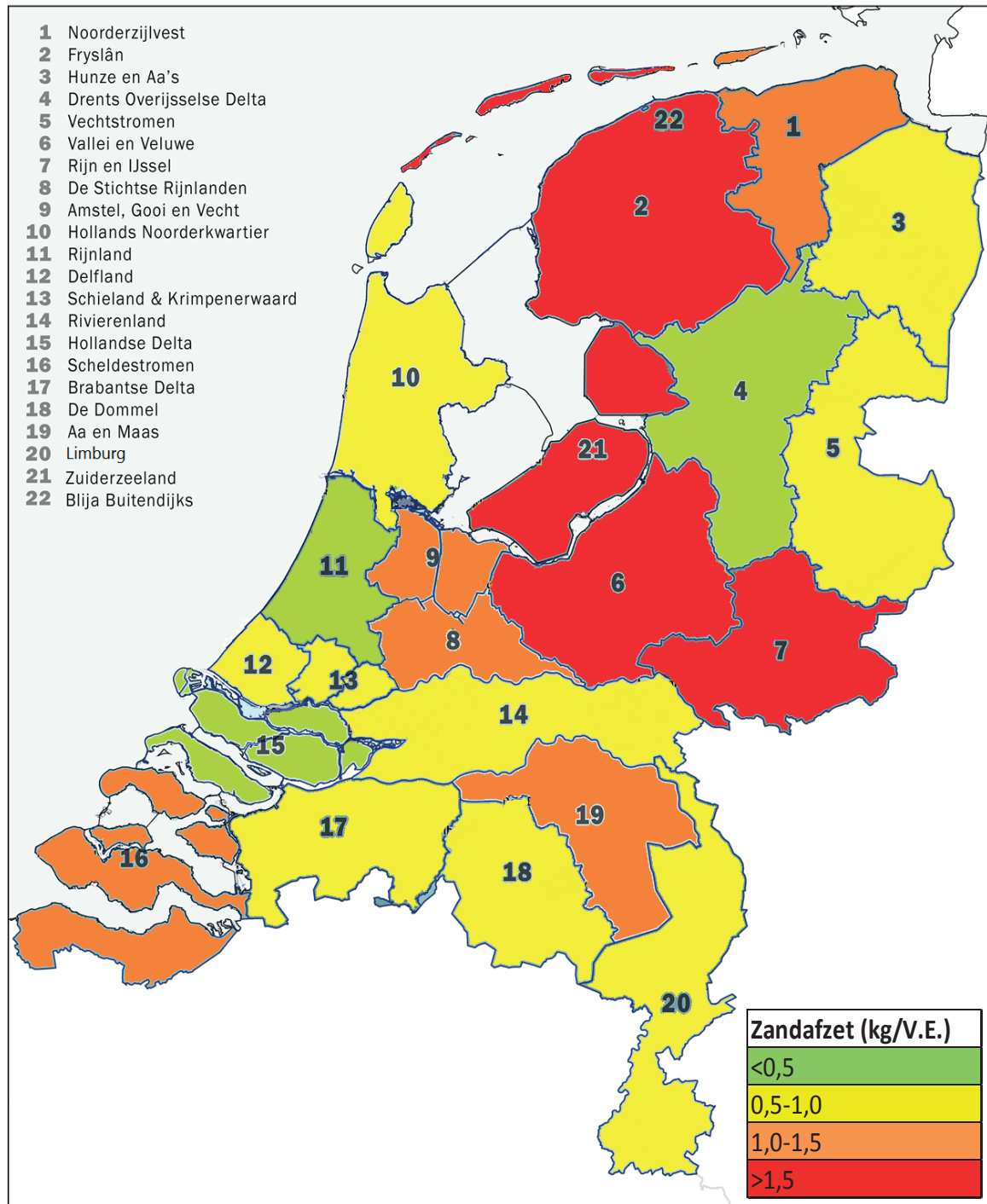
GRONDSLAG VAN HET AANVOERGEBIED EN ZANDPRODUCTIE

Deze bijlage bevat de kaarten waarop zandproductie zichtbaar is per waterschap. Tabel 9.16 geeft de basisgegevens weer waarmee beide kaarten (afbeelding 9.8 en 9.9) zijn gemaakt (30). Er blijken grote verschillen tussen de waterschappen te zijn in de specifieke zandproductie (kg zand/v.e.). Tevens is een overzichtskaart van de verschillende bodemtypen van Nederland toegevoegd in afbeelding 9.10. Het vermoeden was dat er een relatie zou zijn tussen het bodemtype en de zandproductie op rwzi's. Er is echter geen duidelijke relatie zichtbaar tussen een van beide kaarten en de bodemtypen.

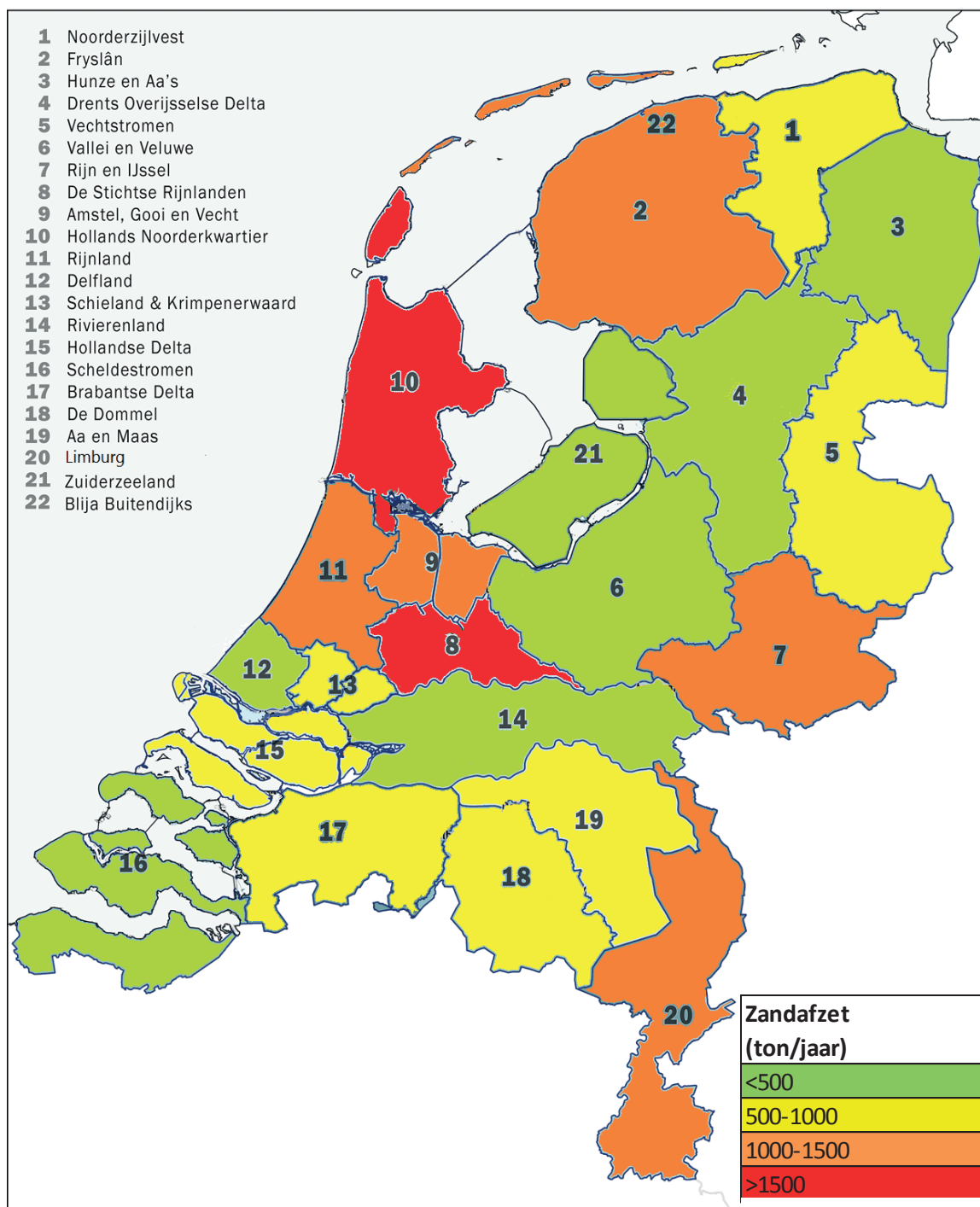
TABEL 9.16 ZANDPRODUCTIE PER WATERSCHAP (30)

	Zandproductie (ton zand/jaar)	V.E.'s (aangeslagen indirecte lozers binnen beheersgebied) (33)	Zandproductie (kg zand /v.e.)
Waterschap Noorderzijlvest	540	413.264	1,31
Wetterskip Fryslân	1400	916.300	1,53
Waterschap Hunze En Aa's	280	542.530	0,52
Waterschap Reest En Wieden	530	329.100	1,61
Waterschap Vechtstromen	900	1.078.310	0,83
Waterschap Groot Salland	80	492.477	0,16
Waterschap Vallei En Veluwe	1440	1.489.052	0,97
Waterschap Rijn En IJssel	1800	874.800	2,06
Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden	1269	982.877	1,29
Waternet	1890	1.624.200	1,16
Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier	1000	1.422.311	0,70
Hoogheemraadschap Van Rijnland	445	1.520.543	0,29
Hoogheemraadschap Van Delfland	740	1.436.200	0,52
Hoogheemraadschap Van Schieland En Krimpenerwaard	400	730.000	0,55
Zuiveringschap Rivierenland	770	1.205.616	0,64
Waterschap Hollandse Delta	167	1.148.500	0,15
Waterschap Scheldestromen	770	550.160	1,40
Waterschap Brabantse Delta	722	1.188.304	0,61
Waterschap De Dommel	800	1.134.183	0,71
Waterschap Aa En Maas	1390	1.108.015	1,25
Waterschapsbedrijf Limburg	1340	1.574.750	0,85
Waterschap Zuiderzeeland	40	489.296	0,08

AFBEELDING 9.8 ZANDPRODUCTIE PER WATERSCHAP IN KG ZAND PER V.E. (KAART AFKOMSTIG VAN (34), GEGEVENS INGEVULD OP BASIS VAN (30))



AFBEELDING 9.9 ZANDPRODUCTIE PER WATERSCHAP IN TON ZAND PER JAAR . (KAART AFKOMSTIG VAN (34), GEGEVENS INGEVULD OP BASIS VAN (30))



AFBEELDING 9.10 GRONDSOORTEN VAN NEDERLAND (35)



BIJLAGE IV

UITGEWERKTE INTERVIEWS

9.3 LEVERANCIERS

AAD BRUSSEE, DUTCH SPIRALS

- Wat is jullie definitie van zand?
 - Lastig om precies te definiëren;
 - Over het algemeen alles boven de 0,15mm/0,2 mm tot heel grof (kiezels etc.) zou beschouwd kunnen worden als zand.
 - In de waterzuiveringswereld gaat het over het algemeen over zand dat vervuild is met slib.
- Welk zand (vanaf welke diameter van de korrel) zou moeten worden verwijderd?
 - 0,2mm is de ondergrens, kleiner kan wel verwijderd (neergeslagen) worden, maar zodra je het in beweging brengt om het af te voeren komt de kleinere fractie weer vrij.
 - Met welke reden moet dit type zand worden verwijderd?
- Voornamelijk om machines te beschermen en om te voorkomen dat zand in slib terecht komt.

Vragen over de locatie in het proces en daarvan gerelateerde keuzes:

- Wat zijn de motieven voor opdrachtgevers om zand te verwijderen?
 - Zie bovenstaande
- Zijn deze motieven veranderd over de tijd?
 - Niet echt;
 - De kennis ontbreekt nog steeds op veel plekken, bijvoorbeeld RWA/DWA verschillen en hoe hier mee om te gaan.
- Wat is de ervaring vanuit het verleden met zandverwijdering?
 - Behalve (kleine) aanpassingen op lokaal niveau (operators die zelf klussen etcetera)
 - bijvoorbeeld de pomp in Katwijk (zie later) of het aftoeren/frequentie regelen van roerders (Nijkerk)
- Wat is aan te raden op basis van eerdere projecten:
 - Bij voorkeur in de waterlijn vanwege het robuuste karakter;
 - Sliblijn met cycloon+wasser zou ook wel kunnen maar is erg gevoelig;
 - Probleem zit in de kennis: meten is lastig (gebrek aan standaardmethode)
 - Zelden tot nooit gecontroleerd of een systeem werkt (Noordwijk (Jones & Atwood) werkte niet goed, maar bij zandvangers wordt dit vaak pas duidelijk na de garantieperiode vanwege het ophopende karakter van zand.
 - Soms ook sneller erachter dat er problemen zijn, bijvoorbeeld Susteren waar de pompen erg snel slijten.
- Hoe wordt in de praktijk de keuze voor een type zandvanger gemaakt?
 - Vaak bepaald op basis van advies uit ingenieursbureaus, die vaak nog het “oude verhaal” kennen: Dorr-Oliver etcetera.
- Wat zijn knelpunten voor zandverwijdering?
 - Primair de verhouding tussen RWA en DWA;
 - De lengte en breedte van het aanvoer kanaal moet ruimte laten voor voldoende snelheid om sedimentatie te voorkomen
 - De grootte van het aanvoergebied

- Type zand (Löss)
- In Duitsland is een systeem van kleppen gebruikt in aanvoerkanalen die bij DWA water ophopen en dan pulsgewijs doorsturen waardoor kanalen schoongespoeld worden, dit voorkomt onnodige ophoping.
- Waar moet je op letten bij het ontwerpen en installeren van een zandvanger?
 - Verschillen tussen laag en hoog debiet en de vorm van het aanvoerwerk;
 - Hoe het water aangevoerd wordt, de aanvoersnelheid en de vorm van het kanaal.
 - Het voorwerk is het belangrijkste van de zuivering;

Vragen over werkingsmechanisme en ontwerpfilosofie:

- Hebben jullie een standaard methodologie om zandvangers te ontwerpen?
 - Starten bij verschil in debieten (RWA/DWA verhouding)
 - Op basis daarvan het aantal (parallele) zandvangers bepalen
- Doen jullie aan nazorg en hebben jullie gegevens over hoe de zandvanger werkt in de praktijk?
 - Ja wel nazorg
 - Over het algemeen is meten dus erg moeilijk, dus goede praktijkgegevens zijn afwezig.

Vragen alleen voor leveranciers van zandverwijderingsapparatuur:

- Wat zijn de principes waarop de zandvanger is ontworpen?
 - Bezinking in de vortex
- Wat zijn de systeemgrenzen?
 - ~200 um; Ieder gebied is in praktijk anders wat wenselijk/haalbaar is, dus goed kijken per case;
- Waar is de zandvanger goed in?
 - Zand verwijderen in een robuust systeem dat weinig onderhoud vraagt
- Waarom is jullie systeem beter dan de concurrentie?
 - De systemen van Huber zijn afkomstig van een familiebedrijf, een van de grootste in de business; Erg innovatief en willen zich graag blijven bewijzen als de beste in de markt;
 - Nieuwe ideeën, bijvoorbeeld Huber mechanische onderdelen in Jeta (J&A) civiel gedeelte.
- Wat is het energieverbruik?
 - 0,25-0,75 kW, dus erg weinig.

Algemene afsluitende vragen:

- Wat zijn ervaringen met andere typen zandvangers?
 - Geen metingen over andere systemen, dus weinig echt harde referentie;
 - Huber test wel alles uitvoerig voordat er iets op de markt gebracht wordt.
- Hoe kijk je aan tegen de verwijdering van klein zand (sub 150 micron): is dit technisch en financieel haalbaar/wenselijk in verband met verhoogde slibverwerkingskosten?
 - Niet goed te doen;

DANNY BOGEMA & ROB HAAK, MACHINEFABRIEK BOSKER

- Wat is jullie definitie van zand?
 - Over het algemeen in bestekken wordt gevraagd om zand te verwijderen van 200 um (0,2 mm) en een specifieke zwaartekracht van 2,65.
- Welk zand (vanaf welke diameter van de korrel) zou moeten worden verwijderd?
 - Zie hierboven
- Met welke reden moet dit type zand worden verwijderd?

- Schade aan mechanische systeemdelen (pompen): slijtage
- Blokkades van systeemdelen als gevolg van slijtage van pompen: lagere drukken, verlaagde flow leiden tot problemen.
- Slibverwerkingskosten: zand bezinkt in tanks, dit leidt tot zowel lagere capaciteiten als tot hogere kosten om het te verwijderen uit de (gistings)reactoren.

Vragen over de locatie in het proces en daarvan gerelateerde keuzes:

- Wat zijn de motieven voor opdrachtgevers om zand te verwijderen?
 - De echte motieven zijn niet bekend bij Bosker; Over het algemeen is het eerste dat Bosker ziet het bestek, waar alleen specificaties instaan en geen redenen.
- Zijn deze motieven veranderd over de tijd?
 - De bestekken en uitvragen zijn niet echt veranderd over tijd: zelfde opbouw, 200 um, 2,65 SG, DS gehalte van gewassen zand en flows worden vaak gespecificeerd. Soms wordt ook nog het type zandvanger voorgeschreven (vlak- of diepzandvanger (Jeta/Vortex)).
- Wat is de ervaring vanuit het verleden met zandverwijdering?
 - Weinig veranderd in de afgelopen jaren, weinig innovatie heeft plaatsgevonden in het segment.
- Wat is aan te raden op basis van eerdere projecten:
 - Zand verwijderen in de waterlijn, zo snel mogelijk na het ontvangen. Wel van belang om het roostergoed eerst goed te verwijderen: slierten vormen vaak (in Nederland) een probleem, zeker in cycloonzandvangers in de sliblijn.
- Hoe wordt in de praktijk de keuze voor een type zandvanger gemaakt?
 - Loopt vaak via het bestek; vaak vlakbed zandvangers (Dorr-oliver) of Jetta bij grote hoeveelheden afvalwater; vlakbed is bekend, robuust systeem, maar wel groter en duurder in onderhoud dan diepzandvangers die op kleinere systemen zelfde rendementen kunnen halen als een vlakbedzandvanger.
- Wat zijn knelpunten voor zandverwijdering?
 - Problemen met roostergoed (slierten);
 - Tegenvallende verwachtingen (minder zand verwijderd dan verwacht).
 - Vaak door te hoge flows.
 - Vaakgezien probleem is dat waterschappen proberen een zo goedkoop mogelijk systeem neer te zetten waardoor de verschillende systeemonderdelen (beton, machines, electra etc.) apart ingekocht worden en niet goed op elkaar afgestemd en ingeregeld worden/zijn.
 - Gebrek aan meetgegevens/kennis: in Katwijk getest, maar dit bleek een “zandgenerator”: zand uit was meer dan wat er in ging.
- Waar moet je op letten bij het ontwerpen en installeren van een zandvanger?
 - Zie hierboven;
 - Verwachtingsmanagement is een belangrijke
 - Debieten zijn vaak ook al onbekend, dus lastig ontwerpen.
 - DWA/RWA is proefondervindelijk af te stellen door vaker of minder vaak zand op te pompen uit de zandvanger (bij RWA vaker de airlift aanzetten dan bij DWA): de pompfrequentie goed afstemmen op gemeten debiet zou hier een winst kunnen opleveren.
- Hebben jullie een standaard methodologie om zandvangers te ontwerpen?
 - Flow bepalen, op basis daarvan kan het type gekozen worden.
 - Op basis van het gekozen type kan het betonnen gedeelte (ontvangwerk etc.) ontworpen worden als ook de rest van de onderdelen zoals de zandklasseerders.
 - Er word aan nazorg gedaan in de vorm van opleiding, instellen etcetera.

Vragen alleen voor leveranciers van zandverwijderingsapparatuur:

- Wat zijn de principes waarop de zandvanger is ontworpen?
 - Discrete bezinking volgens de wet van Stokes; Toestroom tot een Jetta smal maken en de instroom breed leidt tot voldoende vertraging waardoor zand gaat bezinken. De peddels hebben een dubbele functie: constante snelheid (snelheidsregulatie) en ook als zand-wasser/bezinker. Als het zand door de airlift omhooggebracht wordt worden de lichte organische deeltjes niet tegengehouden door de peddels en de (zwaardere) zandkorrels wel.
- Wat zijn de systeemgrenzen?
 - Jetta's zijn er in verschillende maten (jetta 50 tot Jeta 4000), van 180 m³/h tot 10.000 m³/h.
- Waar is de zandvanger goed in?
 - Compact, weinig tot geen problemen met operatie in de praktijk (mits goed ingeregeld), makkelijk te onderhouden, goed in te regelen, laag energieverbruik
- Waarom is jullie systeem beter dan de concurrentie?
 - Zie hierboven
- Wat is het energieverbruik?
 - 0,75 kW moter die 24/7 draait voor de peddels, 4-5,5 kW blower/compressor voor de airlift die 4 tot 8 keer per dag circa 1-2 minuten draait.

Algemene afsluitende vragen:

- Wat zijn ervaringen met andere typen zandvangers?
 - Vlakzandvangers zijn degelijke, robuuste (ouderwetse) systemen, die (mits goed onderhouden) makkelijk 50 jaar mee kunnen gaan. Ze nemen wel veel ruimte in beslag en kosten relatief meer energie door de ruimers en de harkzandwassers die er vaak mee gepaard gaan.
 - Cyclonen werken wel, maar zijn behoorlijk gevoelig.
 - Als vlakzandvangers gerenoveerd worden dan worden ze regelmatig vervangen voor Jetta type zandvangers.
- Hoe kijk je aan tegen de verwijdering van klein zand (sub 150 micron): is dit technisch en financieel haalbaar/wenselijk in verband met verhoogde slibverwerkingskosten?
 - Is wel mogelijk, maar het goed scheiden van dit kleine zand in de zandwasser/zandklasserder wordt dan lastig.

PAUL BARTER, HYDRO INTERNATIONAL

- What is the definition of sand?
 - Sand is basically considered as an inorganic particle with a specific gravity of 2,65;
- From what diameter should sand be removed?
 - Generally, the majority of people see sand as >200 (or 212) micron particles that have to be removed, although it is technically feasible (and desirable) to remove to lower diameter (up to 50 micron sand equivalent size can be removed with the Headcell system).
 - Downside of removing to smaller diameters is the removal of organics; this requires the additional washing and dewatering, which also has to be fine-tuned to this smaller particles.
- For what reason should sand be removed?
 - To reduce maintenance on mechanical parts from abrasion by sand;
 - Stop blocking/sedimentation in downstream parts.

Practical design questions

- What are motives of clients for sand removal?
 - See above
- Did the motives change over time?
 - Motives haven't really changed over time;
 - The 200 um 2,65 SG are still the standard in most criteria for sand removal.
- What are past experiences with sand removal?
 - Practically, what one should ideally do is to first check the influent sand. This is already difficult because there is no official standard methodology to do so;
 - Hydro uses the Vertical integration sampler (Black Dog grit sampling method): a sample is taken over the full height of the water column.
 - Smith and Loveless the cross-channel method where a sample is take across the bottom of the inlet;
 - This lack of measurement is subsequently leading to a lack of understanding of costs, not only does sand damage mechanical parts, but it also reduces active volume of tanks and increases aeration energy.
 - The 200 um standard is usually specified by clients, but there is hardly a way to check the performance, so there is no real advantage of competing/complying in the market.
- Where should sand be removed?
 - Hydro only removes sand from the water line; investigation in non-Newtonian fluids (>2% DS) is ongoing; <1,5% DS is possible to properly remove sand from. In the UK there are generally no grit removal systems in the line after the pre-sedimentation tank, most grit removal systems are situated before the pre-sedimentation.
 - On small works, generally no grit removal system is in place.
- How is the choice for a system made?
 - 1: sample sand at the inlet;
 - 2: determine the composition of the sand
 - 3: determine the cut-off diameter
 - 4: match abovementioned data with grit removal system;
 - 5: relate data to required settling speeds and surface loads to properly design system.
- What are bottlenecks/problems with sand removal?
 - The lack of measurements, the ongoing paradigm of 200 um.
- Where should the focus/attention be when designing a grit removal system?
 - Hydraulic profile
 - Washing and dewatering: if this is ineffective/inefficient, even the best sand trap is not useful.

Mechanism and design:

- Do you have a standard methodology for designing?
 - 1: Flow and particle size (see above),
 - 2: Cut-off particle
 - 3: Settling speed, and specific gravity
 - 4: Loading rate based on those factors
- Do you provide aftercare and is data available?
 - Yes, if desired aftercare can be provided;
 - Data is (partially) available through articles on the website.
- Based on what principles is the system designed?
 - Vortex sand removal systems are based on settlement of particles;
 - The principle advantages of vortex systems it that it creates a steadier, more predictable

flow pattern, which is better for predicting results and designing.

- Systems can be smaller
- Vortex systems create an internal boundary layer with an up flowing- and down flowing part. In the up flow particles that settle slower than the desired cut-off particles are carried out of the sand trap, whilst in the down flow particles with faster settling characteristics are trapped. In the boundary layer the desired cut-off particles are removed.
- What are the system boundaries?
 - Generally, the lower diameter of removal is 50 μm ; the largest Headcell unit can handle a flow of 2 m^3/s , so if larger flows are required, multiple units need to be installed.
- What is your unique selling point?
 - Hydro can achieve removal of smaller particles and bases its designs on actual research;
- How is the sand trap operated?
 - Gravity controlled, so no active internals that need operation/maintenance
 - The control of the system is mostly based on the captured sand. It is agitated to keep it moving, so that it can be pumped out (the only pump in the system) to the grit washing and dewatering.
- What is the energy use?
 - Low energy use, grit pump is the only energy consumption. The ratio/design for internal design is the clever part of the design, leading to a specific flow pattern that allows for optimized settling.

Closing questions;

- What are your experiences with other type of sand traps?
 - The main experience with other sand traps is when clients call Hydro in to improve the performance of a non-working sand trap.
- What is your opinion on the removal of sub 150 micron sand removal? Is it technically and financial possible/attractive?
 - Sub-150 micron removal is definitely possible, technically speaking; financially, rough estimations have been made that indicate that the return of investment could be between 3-5 years, when the system is fully overhauled (removal of old system, replacement with Hydro system).

PERRY PYLYSER, DEWEKON

- Wat is jullie definitie van zand?
 - Over het algemeen is zand tot korrelgrootte $\sim 220 \mu\text{m}$.
- Welk zand (vanaf welke diameter van de korrel) zou moeten worden verwijderd?
 - Zie de vorige vraag;
 - Kleiner dan 150-180 μm wordt problematisch, met name in de klasseerder/ontwaterings-stap: dit vormt een soort drijfzand dat bijna niet te verwijderen is.
- Met welke reden moet dit type zand worden verwijderd?
 - Niet geheel duidelijk.
 - Water moet losbaar worden gemaakt: vrij van verontreiniging dus ook van droge stof.
 - Idealiter zo min mogelijk energie verbruiken en zo “natuurlijk” mogelijke processen gebruiken: natuurlijk of versneld op basis van natuurlijk. Het water wordt zo stapsgewijs schoon, van groot naar klein.
 - Deels zorgt zand voor erosie van systemen

Vragen over de locatie in het proces en daarvan gerelateerde keuzes:

- Wat zijn de motieven voor opdrachtgevers om zand te verwijderen?
 - Zie bovenstaan
- Zijn deze motieven veranderd over de tijd?
 - Niet echt
 - In bijna alle (Belgische) zuiveringen is zandverwijdering aanwezig, vaak in de vorm van beluchte zandvangers.
 - Vaakgebruikte types zijn Pista (Vortex) en langsruiers (gootzandvangers).
 - Vaak oppervlakterakels voor vetverwijdering in beluchte zandvangers
- Wat is de ervaring vanuit het verleden met zandverwijdering?
 - Geen echte significante systeemveranderingen in het verleden;
 - Dewekon probeert nu een systeem te maken dat sub 150 μm ook goed kan verwijderen/afschieden.
- Wat is aan te raden op basis van eerdere projecten:
 - Bij voorkeur zandvangen in de waterlijn, ook als een voorbezinktank aanwezig is;
 - Dit is de standaard in België.
 - Waterlijn is de enige manier om vet ook goed te verwijderen.
 - Idealiter wordt er gebruik gemaakt van een airlift systeem: airlift systemen zijn veel minder onderhevig aan slijtage dan pompen.
- Hoe wordt in de praktijk de keuze voor een type zandvanger gemaakt?
 - Op basis van de hoeveelheid zand dat aangevoerd wordt;
 - Kleine installaties ($\sim < 20.000$ ie) hebben vaak Pista types,
 - Grote hoeveelheden zand ($\sim > 100.000$ ie) gebruiken vaker langsruiers
 - Soms ook met meerdere goten naast elkaar (dubbele ruimerbruggen)
- Wat zijn knelpunten voor zandverwijdering?
 - Door de uitvoerder/operator is het goed afstellen van beluchting vaak lastig zodat de goede deeltjes afgescheiden worden.
 - Het hydraulisch ontwerp van het betonnen gedeelte is ook van groot belang; is de bezinktijd te lang dan bezinken ook kleinere fracties en komen de klasseerders in de problemen.
- Waar moet je op letten bij het ontwerpen en installeren van een zandvanger?
 - Het hydraulisch ontwerp (waterinvoer, waterniveau, waterafvoer)
 - Goede beluchting, goede bezinktijd

Vragen over werkingsmechanisme en ontwerpfilosofie:

- Hebben jullie een standaard methodologie om zandvangers te ontwerpen?
 - Dewekon bouwt voornamelijk het werktuigbouwkundige (i.e. niet civiele/betonnen) deel van de zandvangers, dus de echte ontwerpfilosofie is minder bekend.
- Doen jullie aan nazorg en hebben jullie gegevens over hoe de zandvanger werkt in de praktijk?
 - De praktijkervaring leert dat na soms wat kinderziektes verholpen te hebben over het algemeen de systemen erg goed werken, zeker als er een airlift systeem in zit.

Vragen alleen voor leveranciers van zandverwijderingsapparatuur:

- Wat zijn de principes waarop de zandvanger is ontworpen?
 - Met name type airlift voor zandverwijdering
- Wat zijn de systeemgrenzen?
 - De hoeveelheid zand is een begrenzing; als het teveel wordt dan moet er overgeschakeld worden van pista naar langsruiers
- Waar is de zandvanger goed in?
 - Airlift systemen zijn over het algemeen een stuk robuuster dan pompsystemen: doordat

de bewegende delen (blowers/compressoren) boven water staan en niet in contact komen met zand slijten ze bijna niet; De afvoerpijp is een statisch object dat ook weinig aan slijtage onderhevig is.

- Waarom is jullie systeem beter dan de concurrentie?
 - Zie hierboven
- Wat is het energieverbruik?
 - Airlifts gebruiken minder energie dan pompen; exacte hoeveelheid is niet bekend, maar de slijtage is beduidend minder, daardoor is het competitief voordelig.

Algemene afsluitende vragen:

- Wat zijn ervaringen met andere typen zandvangers?
 - Systemen met pompen worden ook wel geleverd, maar daar is men minder enthousiast over; als de klant graag een pomp wil kan dat wel, maar wordt afgeraden.
- Hoe kijk je aan tegen de verwijdering van klein zand (sub 150 micron): is dit technisch en financieel haalbaar/wenselijk in verband met verhoogde slibverwerkingskosten?
 - Zie hierboven

PETER TEGTMEIER, BILFINGER

- What is the definition of sand?
 - Mineralics that can sediment; not just “sand” but also other particles with a specific gravity of >2 (2,65), so pebbles, gravel, sand >0,2 mm.
- From what diameter should sand be removed?
 - >0,2 mm
- For what reason should sand be removed?
 - Sand can sediment elsewhere, reducing volume; If this continues for long enough it can cause blockage to system parts.

Practical design questions

- What are motives of clients for sand removal?
 - See above, although mostly included in the tender specs. Sometimes dry solids after washing is included (3-5% ds)
- Did the motives change over time?
 - Municipal market stays roughly the same, except for when MBR's are in play, then it might be that slightly better removal is required, but this is speculative.
- What are past experiences with sand removal?
 - 60 years ago, longitudinal sand traps were most common
 - Nowadays mostly circular sand traps are used: pista (inclined bottom) and vortex (Flat bottom) are already around for 10-15 years
 - The most innovative/new system is the prefab compact plants (stainless steel) full pre-treatment units, this is more interesting for above-ground systems in mountainous areas.
- Where should sand be removed?
 - Typically after coarse- and fine screening (water line)
- How is the choice for a system made?
 - Size/area available,
 - amount of water,
 - material choice (concrete/stainless),
 - amount of sand (seaside/inland)
 - Preference of the engineering company
 - Building companies generally prefer concrete

- What are bottlenecks/problems with sand removal?
 - Capture for >95% and/or diameters <150
 - Both lead to very large systems
 - If sand removal systems are designed for maximum rain events, systems also become very large and as a consequence in average use the system flow speed is too low leading to unwanted sedimentation.
 - Designing for average rain events is advisable
- Where should the focus/attention be when designing a grit removal system?
 - See above
 - Space available
 - Flowlines into the screen and sandtraps: straight lines and gradual bends are preferable over sharp bends. Sharp bends destroy cinematic velocity and thus cause additional unwanted sedimentation.

Mechanism and design:

- Do you have a standard methodology for designing?
 - Empiric research (amongst others at TU Munchen);
 - Non-aerated systems are built based on sinking velocity of particles
 - Aerated systems are based on retention time in the system
 - ATV guidelines as important design base
 - Generally quite old (Kalbskopf), but no real need to change methods because it still works quite well
- Do you provide aftercare and is data available?
 - Yes, if desired aftercare can be provided;
 - Data is mostly available via ATV/Kalbskopf; Peter will send a few graphs via e-mail.
- Based on what principles is the system designed?
 - See above;
- What are the system boundaries?
 - See above; >95% removal, <150 μm ;
 - For compact systems, >300 l/s is still economically viable;
 - For more than that a civil engineering system (concrete) is more desirable.
 - Circular systems can go up to 10.000 m^3/h , if the flow is larger parallel or square configuration is advisable.
- What is your unique selling point?
 - Round is pretty similar to competitors;
 - Pretty old stuff, however stainless units are more unique (using ATV regulations)
 - Huber also follows the regulations, some “cheaper” suppliers from the east/south of the EU do not follow the ATV guidelines so might be less durable.
- What is the energy use?
 - 1,1 kW motor, 24/7, so approximately 0,75 kW in full operation.

Closing questions;

- What are your experiences with other type of sand traps?
 - Aeration improves sinking and acts as pre-washing and removes grease
 - Circular systems have problems with proper grease trapping/aeration
 - If grease removal is required, longitudinal systems are advised.
- What is your opinion on the removal of sub 150 micron sand removal? Is it technically and financial possible/attractive?
 - Possible but not recommended: Systems become too large and financially unattractive

- No reason to remove it, the stuff doesn't sediment in the system and might aid with dewater the sludge if it is retained in the system.
- Separate from the questions
 - Importance of washing: first sand is separated (another sedimentation step), afterwards it can be washed more thoroughly, to decrease the organic content (up to <3% is possible).

9.4 ADVISEURS

BEREND REITSMA (TAUW)

Zandverwijdering is over het algemeen geen harde wetenschap, er wordt erg kwalitatief gekeken.

- Wat is jullie definitie van zand?
 - Over het algemeen beschouwd: zand (of grit) is alles wat sneller bezinkt dan slib. Hieronder vallen naast normaal zand ook nog slijpsels, maar ook maiskorrels/maispitjes etcetera.
 - Heel klein zand (fijn stof) valt hier ook onder maar is problematisch voor de verwijdering.
 - Keuze blijft altijd of je alles wilt verwijderen voor bescherming van downstream systemen, of dat je schoon (herbruikbaar) zand wilt hebben. Stap 1 is de goede werking van de zandvang, de zandwasser bepaalt vervolgens de scheiding van zand/grit/takjes etcetera: heel goed schoongewassen zand, wat je kunt hergebruiken, kan leiden tot meer grof materiaal, grid, pitjes, takjes etcetera in de downstream.
 - Over het algemeen is zand in de gisting vervelender dan zand in de A(N)Ts. In afgesloten structuren is zand moeilijker te verwijderen dan in open structuren, waar het dmv een grijper simpel zou kunnen worden weggehaald.
- Welk zand (vanaf welke diameter van de korrel) zou moeten worden verwijderd?
 - De vraag is meer tot waar het verwijderd kan worden. Klein zand/fijn zand is moeilijker te verwijderen.
 - Fijn zand moet soms geaccepteerd worden dat het toch doorgaat.
 - De overweging is meer waar het ophoopt.
 - Locatie maakt hierin ook uit: Löss in de ATs in Limburg (Hoensbroek) is regelmatig een probleem. Dit komt deels doordat er daar ook (onbehandeld) slib van derden behandeld wordt. In Hoensbroek wordt gebruik gemaakt van bestaande Dorr en een net nieuwe Jetta type zandvangers.
- Met welke reden moet dit type zand worden verwijderd?
 - Slijtage aan W onderdelen, zoals pompen lijken minder een probleem te zijn, of in ieder geval minder duidelijk. "Je hoort het niet vaak".
 - AT en gisting worden vaker als probleem genoemd.
 - De dikheid van het gegiste materiaal heeft effect op de zandretentie in de gisting en/of uitspoeling, maar daar is geen/weinig informatie over beschikbaar.

Vragen over de locatie in het proces en daarvan gerelateerde keuzes:

- Wat zijn de motieven voor opdrachtgevers om zand te verwijderen?
 - Zie hierboven
- Zijn deze motieven veranderd over de tijd?
 - In het verleden was er al regelmatig aandacht voor, in verband met gisting.
 - Dit is in de jaren 90 wat minder geworden doordat bij sommige waterschappen de aandacht voor vergisten afnam, zoals bv bij Rijnland.
 - Tegenwoordig komt gisting overal weer onder de aandacht, dus ook aandacht voor zand-

problemen en de benodigde verwijdering;

- Open ATs zijn gemakkelijker schoon te maken dan gesloten systemen, dus als er meer afgedekt wordt, dan is er ook een sterkere hang naar verwijderen van zand
- Vroeger waren er voornamelijk puntbeluchters, die zijn minder gevoelig voor zand; de huidige bellenbeluchting met soms ophaalbare rekken ondervinden ook sneller hinder van zanddepositie.
- Wat is de ervaring vanuit het verleden met zandverwijdering?
 - Zandverwijdering wordt over het algemeen niet als “sexy” beschouwd, samen met de rest van de “voorzuivering op de rwzi, toch heb je er in de praktijk wel degelijk “last” van als het niet goed werkt..
- Wat is aan te raden op basis van eerdere projecten:
 - niet verwijderen is over het algemeen niet aan te raden, tenzij er echt geen zand in het influent zit of het systeem zeer robuust is en geen VBT heeft. Je kunt het dan opvangen ergens in de AT en voorzieningen treffen om het periodiek er uit te halen.
 - Bij afwezigheid van een voorbezinktank kun je het alleen verwijderen in de waterlijn. Als er wel een sliblijn met voorbezinktank is kun je kiezen in sliblijn of waterlijn. Zand verwijderen in de waterlijn vóór de voorbezinktank is duurder dan in de sliblijn en wordt in het algemeen in de praktijk niet gedaan; zandvangen in de sliblijn is goedkoper (kleinere debieten), maar ook moeilijker; zodra het primair slib dikker is dat 1% ds is, wordt het rendement laag. In de sliblijn zouden uitsluitend hydrocyclonen gebruikt moeten worden. Zandvangen in de waterlijn ook bij voorbezinktank is wel; de betrouwbaarste methode. Later inbouwen is hydraulisch sowieso heel lastig (onmogelijk)
- Hoe wordt in de praktijk de keuze voor een type zandvanger gemaakt?
 - Over het algemeen wordt de keuze sliblijn/waterlijn gemaakt op basis van kosten (zie boven en ook aspectenstudie A'dam West).
 - In de waterlijn zijn er voornamelijk Dorr-type zandvangers. Deze werken in het algemeen goed. In de sliblijn worden ook waterlijn systemen gebruikt, op kleinere schaal. Dat werkt matig (zie studie A'dam-West). In de literatuur worden voornamelijk cyclonen aangeraden.
 - In de waterlijn worden 2 straten aangeraden, zodat er een leeggehaald kan worden zonder dat er onderbreking in operatie plaatsvindt.
 - Ideale situatie is zandvanger-VBT-AT, zo kan goed gegist worden en heeft de AT geen problemen. Deze oplossing is echter duur. .
- Wat zijn knelpunten voor zandverwijdering?
 - Het samenspel zandvanger-zandwasser is cruciaal; schoon en herbruikbaar zand betekent in de meeste huidige configuraties een toegenomen vracht van bezinkbaar materiaal (grit, pitjes, takjes) in de AT en/of gisting. Bij minder schoon zand uit de wasser ontstaat een beter afscheidingsrendement van de zandvanger-zandwassercombinatie wat leidt tot een lagere vracht aan zand, grit, pitjes en takjes naar de AT/slibgisting.
 - De hydraulische belasting is cruciaal en wordt niet altijd goed ontworpen, met name in DWA/RWA;
 - Fluctuaties in debiet etc in sliblijn zandvangers moeten in de beschouwing worden meegenomen, evenals de dikte van het primair slib;
 - Ontwerpen op RWA/DWA is niet bekend wat het beste is/cq waar de grens ligt; De neiging bestaat om op RWA te ontwerpen en de wasser goed af te stellen; Bij DWA wordt dan wel meer slib gevangen, maar dit kan weer afgewassen worden.
- Waar moet je op letten bij het ontwerpen en installeren van een zandvanger?
 - Zie hierboven.
 - Waterlijn hydraulisch, bij sliblijn ook letten op ds gehalte.

- Het later inbouwen in de waterlijn is lastig (onmogelijk), later inbouwen van een zandvanger (zeker een cycloon) is relatief simpel.

Vragen over werkingsmechanisme en ontwerpfilosofie:

- Hebben jullie een standaard methodologie om zandvangers te ontwerpen?
 - Bouw wordt vaak op basis van kengetallen gedaan, bijvoorbeeld de hydraulische belasting en ds gehalte.
- Doen jullie aan nazorg en hebben jullie gegevens over hoe de zandvanger werkt in de praktijk?
 - Zie documenten op de P: schijf (inmiddels gemaild)

Algemene afsluitende vragen:

- Wat zijn ervaringen met andere typen zandvangers?
- Hoe kijk je aan tegen de verwijdering van klein zand (sub 150 micron): is dit technisch en financieel haalbaar/wenselijk in verband met verhoogde slibverwerkingskosten?
 - Erg lastig en misschien niet mogelijk. Nog lager belasten zou een optie kunnen zijn, maar daar wordt het zandwassen weer moeilijker van omdat dan nog meer slib meekomt.

ERIC VAN DER ZANDT, ARCADIS

- Wat is jullie definitie van zand?
 - Geen echte strakke definitie;
 - Algemene definitie: materiaal met bepaalde zwaarte, korrelgrootte en hardheid (schurende eigenschap)
- Welk zand (vanaf welke diameter van de korrel) zou moeten worden verwijderd?
 - Het is nodig om lokaal te kijken naar het type omgeving/aanvoergebied. Dit bepaalt mede de hoeveelheden en type zand dat verwacht kan worden op een zuivering.
 - Op basis hiervan kijken wat in de praktijk nodig is.
- Met welke reden moet dit type zand worden verwijderd?
 - Pompen zijn minder vaak een direct probleem, of in ieder geval minder duidelijk; slijtage is een traag proces.
 - Probleem hiervan is te ondervangen door regelmatig onderhoud van mechanische onderdelen (speelt nog meer bij slibpompen (afhankelijk van type pomp) dan bij influentpompen).
 - Het directe effect van zand op slijtage van mechanisch apparaat zou nader onderzocht kunnen worden door de hoeveelheden zand in zuiveringen te vergelijken met de slijtage van equipment.
 - Verstoppingen in verdeelwerk, AT en gisting worden vaker als probleem genoemd.
 - Verstoppingen dienen zich vaak acuter/directer aan en zijn moeilijker/duurder om op te lossen.
 - Zand gaat vaak ergens liggen (sedimenteren) en wordt bij verhoogd debiet (e.g. RWA) ineens verplaatst en kan dan acute problemen veroorzaken.
 - Vooral in gebieden met (relatief) fijn zand zoals Limburg (löss) en in duingebieden komen er regelmatig grote hoeveelheden zand door de zandvangers heen, dit zorgt voor problemen in de downstream, met name in beluchting.

Vragen over de locatie in het proces en daarvan gerelateerde keuzes:

- Wat zijn de motieven voor opdrachtgevers om zand te verwijderen?
 - Zie hierboven;
 - Soms ook niet logische keuzen voor zand verwijdering aanleggen terwijl er weinig zand te verwachten is: Leiden ZW (Rijnland) in veenweidegebied wilde per se een zandvang.

- Soms wel vaker hydrocyclonen in verband met gistingen.
- Zijn deze motieven veranderd over de tijd?
 - De motieven zijn redelijk consistent over de tijd, dus er is niet echt een merkbare variatie over tijd.
 - Tijdens renovatie/nieuwbouw is zandverwijdering zelden een thema of onderwerp van discussie.
 - Mogelijk (speculatief, geen praktijkdata van) is er nu iets minder overlast van zand doordat er minder nieuwbouw is (voorbeeld dat hierbij gegeven werd was Amersfoort (onder andere de bouw van Schothorst) waardoor er overlast was van zand.
- Wat is de ervaring vanuit het verleden met zandverwijdering?
 - Zie hierboven;
 - In het verleden waren er meer gootzandvangers
 - Nu voornamelijk vlakke zandvangers (Dorr);
 - Dorr zandvangers zijn een typisch Nederlands verschijnsel, er schijnen relatief weinig andere zandvangers (in de waterlijn) gebruikt te worden;
- Wat is aan te raden op basis van eerdere projecten:
 - Goed kijken naar de omgeving/aanvoergebied is cruciaal;
 - Analyseren van rekeningen/afvoergegevens zand voordat er een nieuwe (aanpassing aan een) zandvanger wordt gebouwd.
 - In een veenweidegebied is het minder noodzakelijk (e.g. Krimpenerwaard)
 - Soms ook gecontroleerd af te vangen (e.g. in anaerobe tanks).
 - Zandverwijdering in de sliblijn is alleen zinvol bij consistente, continue aanvoer van zand met relatief lage zandconcentraties. Als de aanvoer discontinu is, is het aan te raden om zand voor de VBT af te vangen, maar hier zit een extra kostenpost in. De afweging ligt dus tussen investeren en extra operationele kosten; Waterschappen lijken dan liever voor extra investering te gaan.
 - Advies: maak een matrix van voorkeursoplossingen en alternatieven;
- Hoe wordt in de praktijk de keuze voor een type zandvanger gemaakt?
 - Eerste basis in wat bekend is;
 - Wat goed werkt;
 - Onbekendheid met alternatieven;
 - Voornamelijk nog steeds Dorr zandvangers;
 - Vroeger waren er nog een aantal Passavant systemen aanwezig, maar tegenwoordig zijn die bijna allemaal vervangen.
 - In het buitenland zijn veel meer andere typen zandvangers (goot- en Vortex zandvangers).
- Wat zijn knelpunten voor zandverwijdering?
 - Goed hydraulisch ontwerp;
 - (Dis)Continue aanvoer van zand
 - Niet alleen de aanvoer via riool, maar vooral de aanvoer van (gesedimenteerd) zand bij RWA is problematisch.
- Waar moet je op letten bij het ontwerpen en installeren van een zandvanger?
 - Oppervlaktebelasting bij RWA (circa 40 m/h), resulterend in 10-15 m/h bij DWA.
 - Dit vereist goede zandwassers;
 - Het “hobbelpaard” (harkzandwasser) moet op de juiste plaats sproeien om echt schoon zand te krijgen – juiste plaats moet in de praktijk worden gevonden..
 - Vaak wordt er wel gekeken naar de kwaliteit van het gewassen zand.
 - Minder (i.e. bijna niet) gekeken naar de andere stroom die terug gaat naar de zandvanger;
 - Het is onbekend of dit is omdat er niets fout gaat of omdat het in het verleden al is aangetoond dat dit geen probleem is.

Vragen over werkingsmechanisme en ontwerpfilosofie:

- Werken op oppervlaktebelasting, goed ontwerp van de geleiders in Dorr type zandvangers
- Arcadis NL heeft geen duidelijk gedefinieerde ontwerpstandaarden, de vraag voor internationale standaarden wordt uitgezet door Eric.
- Arcadis is ook pas 4 jaar actief in de waterzuivering, dus er zijn nog niet heel veel projecten gedaan.

Algemene afsluitende vragen:

- Wat zijn ervaringen met andere typen zandvangers?
 - NVT
- Hoe kijk je aan tegen de verwijdering van klein zand (sub 150 micron): is dit technisch en financieel haalbaar/wenselijk in verband met verhoogde slibverwerkingskosten?
 - Duinzand zou nog misschien wel kunnen, mits de zandvang en zandwasser goed op elkaar zijn afgestemd en goed ontworpen.
 - löss wordt toch gezien als probleem, erg benieuwd hoe dit in Limburg wordt opgelost (Hoensbroek)

MARIUS JANSEN, SWECO

- Wat is jullie definitie van zand?
 - Over het algemeen is het zand afkomstig van de straat;
 - Het zorgt voornamelijk voor slijtage aan de pompen en werktuigbouwkundige onderdelen van de zuivering.
 - Daarnaast bezinkt zand ook nog op plaatsen waar je het niet wilt hebben.
- Welk zand (vanaf welke diameter van de korrel) zou moeten worden verwijderd?
 - Zie de vorige vraag;
 - Zand vanaf 0,2 mm wordt meestal afgevangen;
 - Bij nieuwbouw komt extra zand vrij, als ook bij onverharde oppervlakten/omgevingen (duinzand en Löss)
- Met welke reden moet dit type zand worden verwijderd?
 - Slijtage verminderen;
 - De hydraulische weerstand die zand oplevert kan een probleem zijn, de doorstroomsnelheid in het ontvangwerk moet dus hoog genoeg zijn om zand naar de zandvanger te transporteren.

Vragen over de locatie in het proces en daarvan gerelateerde keuzes:

- Wat zijn de motieven voor opdrachtgevers om zand te verwijderen?
 - Voornamelijk om slijtage te voorkomen en om verstoppingen tegen te gaan.
- Zijn deze motieven veranderd over de tijd?
 - Motieven zijn niet echt veranderd over tijd: zand komt altijd en bezinkt altijd op plekken waar je het niet wilt hebben.
 - De manier waarop ermee omgegaan wordt verschilt wel; het is een tijdje gangbaar geweest om zand in de selector neer te laten slaan en periodiek te verwijderen;
 - Zandvangers worden over het algemeen nog wel gebouwd, maar nieuwe zandvangers zijn voornamelijk van type Vortex
 - Dorr-type zandvangers worden vaker gerenoveerd; problemen treden hier met name op doordat er bezinking plaatsvindt in het ontvangwerk tussen de roostergoedinstallatie en de zandvang waardoor de toestroming naar de Dorr niet meer gelijkmatig verloopt; dit verstoort de werking van de zandvanger.
 -

- Hiervoor kunnen geleideschotten worden geplaatst voor de zandvanger die dit proces verbeteren.
- Wat is de ervaring vanuit het verleden met zandverwijdering?
 - Vanuit het verleden blijkt dat men eigenlijk nooit echt goed kijkt. Als er al data bekend is, gaat het vaak om containers/kuubs die afgevoerd worden, echte balansen zijn zeldzaam.
 - Fijn zand (loss/duinzand) worden slecht afgevangen en vormen vaak problemen.
- Wat is aan te raden op basis van eerdere projecten:
 - Bij voorkeur zandvangen in de waterlijn: hierdoor wordt het maximale gedaan om slijtage te voorkomen.
 - Als er een VBT aanwezig is dan kan ook zandvangen in de sliblijn een optie zijn, alhoewel ook dan nog de waterlijn voorkeur heeft.
 - Over het algemeen geldt dat de afstelling van de zandvanger op de actuele situatie cruciaal is: meestal wordt het systeem 1x ingesteld bij opstart en daarna niet meer, terwijl de operationele condities wel veranderen. Hierdoor werkt de zandvanger minder goed.
 - Een optie hiertoe is bijvoorbeeld frequentiegeregelde pompen in cyclonen (n sliblijn): als de lobben afslijten kan de frequentie omhoog (pomp draait harder), waardoor dezelfde hoeveelheid verpompt wordt; kan dit niet langer dan moeten de lobben vervangen worden.
- Hoe wordt in de praktijk de keuze voor een type zandvanger gemaakt?
 - In de waterlijn is de inpasbaarheid van belang met name met het oog op hydraulische aspecten ;
 - De grootte van de zuivering is ook van belang: bij kleinere zuiveringen is men vaker geneigd om geen zandvang te installeren;
 - In het ontwerp is het type leverancier een belangrijke keuze; aangezien de meeste systemen niet een-op-een uitwisselbaar zijn: het type verwijdering bepaald dus het civiele ontwerp.
 - Vroeger werden er voornamelijk Dorr type zandvangers geïnstalleerd, nu is de neiging meer om Vortex types neer te zetten.
 - Over het algemeen is hark van een Dorr zandvanger niet goed genoeg als zandwasser, dus een aparte zandwasseris nog noodzakelijk;
- Wat zijn knelpunten voor zandverwijdering?
 - Het goed bijhouden van de installatie is vaak problematisch;
 - Zodra de afstelling van de installatie niet meer overeen komt met de actuele situatie zal de zandvanger niet meer optimaal werken;
 - Doordat het afdekken van zandvangers de laatste tijd vaker gebeurt, is visuele inspectie ook moeilijker; Hierdoor is het opsporen van problemen ook moeilijker geworden.
- Waar moet je op letten bij het ontwerpen en installeren van een zandvanger?
 - De verschillen tussen aanvoer in RWA en DWA moeten goed bekeken worden voor aanvang van het ontwerp.
 - Het aanvoerprofiel is daar een belangrijk startpunt bij, een zandvang wordt idealiter niet ontworpen op een maximale RWA maar op een gemiddeld hoge waarde;
 - Als de factor verschil tussen RWA en DWA te groot wordt voor de range die een zandvanger aankan, dan is het noodzakelijk om meerdere naast elkaar te schakelen of om over te gaan op een ander systeem.

Vragen over werkingsmechanisme en ontwerpfilosofie:

- Hebben jullie een standaard methodologie om zandvangers te ontwerpen?
 - Dorrs worden nog vooral aangepast en niet meer echt gebouwd
 - Vortex worden vooral geadviseerd;

- Zie hierboven voor verdere methodologie: eerst profiel bekijken, factor RWA/DWA bepalen, en daarbij het type zandvanger en aantal zandvangers bepalen.
- Doen jullie aan nazorg en hebben jullie gegevens over hoe de zandvanger werkt in de praktijk?
 - Na aanpassingen wordt vaak gekeken of er verschillen optreden;
 - Vaak ontbreekt een nauwkeurig beeld van voor de aanpassing, zodat het inschatten van hoe een aanpassing echt werkt lastig is.

Vragen alleen voor leveranciers van zandverwijderingsapparatuur:

- Wat zijn de principes waarop de zandvanger is ontworpen?
- Wat zijn de systeemgrenzen?
- Waar is de zandvanger goed in?
- Waarom is jullie systeem beter dan de concurrentie?
- Hoe wordt de zandvanger bedreven/beheerd?
- Wat is het energieverbruik?

Algemene afsluitende vragen:

- Wat zijn ervaringen met andere typen zandvangers?
 - Zie hierboven
- Hoe kijk je aan tegen de verwijdering van klein zand (sub 150 micron): is dit technisch en financieel haalbaar/wenselijk in verband met verhoogde slibverwerkingskosten?
 - Is mogelijk, maar de menging en afvang van biogeen materiaal leidt tot de noodzaak tot betere zandwassing of tot meer kosten met storten;

TEUN KEURHORST, WITTEVEEN+BOS

- Wat is jullie definitie van zand?
 - Een samenstelling van diverse zeer kleine stukjes steen, zandkorrels, die in grootte variëren tussen 63 micrometer en 2 millimeter;
 - Alles wat bezinkt in rioolwater dat met een lage snelheid door kanalen en leidingen stroomt.
- Welk zand (vanaf welke diameter van de korrel) zou moeten worden verwijderd?
 - Zand vanaf ca. een korreldiameter van 0,16 mm en groter deze maat houden in bestekken en vraagspecificaties aan;
 - Uiteraard maakt een zandvanger geen onderscheid in takjes, mais, en ander korrelig materiaal dat bezinkt in rioolwater dat een lage stroomsnelheid heeft.
- Met welke reden moet dit type zand worden verwijderd?
 - Om meerdere reden in hoofdzaak slijtage en bezinking/vervuiling zoals:
 - slijtage van pompen, leidingen, warmtewisselaars, ontwateringsmachines zoals centrifuges en appendages te verminderen;
 - bezinking in selector, anaerobe tanks, beluchtingstanks slibopslagtanks en slibgistingstanks. Zand is net als schuurpapier een substantie die materieel weghaalt door snelheidsverschil.

Vragen over de locatie in het proces en daarvan gerelateerde keuzes:

- Wat zijn de motieven voor opdrachtgevers om zand te verwijderen?
 - Korte standtijd van machines en installaties zoals hiervoor aangegeven, en vermindering van het effectieve volume van slibgistingstanks en slibopslagtanks.
- Zijn deze motieven veranderd over de tijd?
 - Niet substantieel wel zijn de motieven om zand te verwijderen in kracht toegenomen, doordat er steeds meer apparatuur wordt toegepast voor effluent nabehandeling en slibbehandeling, en kosten voor reiniging zijn sterk toegenomen.

- Wat is de ervaring vanuit het verleden met zandverwijdering?
 - Veel praktische problemen met zandvang in de sliblijn, en mismatch tussen besteksverwachting en praktijkresultaat.
- Wat is aan te raden op basis van eerdere projecten:
 - zandvang in de waterlijn, is het meest robuust, maar ook het duurst;
 - een zorgvuldige beoordeling van de ontwerpuitsgangspunten en keuze van het ontwerp conform de ontwerpgegevens van de fabrikant zijn van belang
- Hoe wordt in de praktijk de keuze voor een type zandvanger gemaakt?
 - Basiskeuze tussen geen zandvang (sommige waterschappen kiezen hiervoor, of hebben geen bijzondere knelpunten bij het ontbreken van een zandvang) of, zandvang in de waterlijn, of zandvang in de sliblijn;
 - Grotere Rwzi's zoals de rwzi Bath en Zwolle en veel rwzi's bij Hollandse Delta hebben geen zandvang, mijns inziens geeft dit geen noemenswaardige problemen;
 - Daarnaast veelal op basis van ervaringen en uitgevoerde installaties bij een waterschap;
 - Zandvang in de sliblijn is aanmerkelijk goedkoper en geeft geen hydraulische knelpunten maar kan alleen indien er een systeem met voorbezinking is;
 - Van belang is of er in het stelsel veel kans op zandbezinking is;
 - In sommige gevallen wordt er een switch gemaakt van zandvang van de sliblijn naar de waterlijn zoals bij de rwzi Emmen en Amersfoort, indien de zandvang grote problemen geeft of niet functioneert;
- Wat zijn knelpunten voor zandverwijdering?
 - Bij waterlijn onvoldoende zandvangcapaciteit en wisselende capaciteiten;
 - Bij sliblijn zijn de knelpunten veel groter nl. veel organisch materiaal in het product, gevoelige bedrijfsvoering, sliboverstorten, en verstoppingsgevoeligheid bij een hydrocloon;
 - Om de zandaanvoer kwalitatief en kwantitatief goed te voorspellen..
- Waar moet je op letten bij het ontwerpen en installeren van een zandvanger?
 - Er is zeer weinig kennis in de markt bij aannemers omtrent zandverwijderingsapparatuur. Je moet goed rekening houden met de eigenschappen en knelpunten van elk apparaat. De fabrikant van het apparaat zit vaak niet aan tafel en heeft geen inbreng. Er is minder tot geen aandacht van bedrijfsvoering meer van apparatuur, waardoor procesmonitoren en aanpassingen ook voor zandverwijdering veelal te kort schiet;
 - Zandvangers in de sliblijn zijn zeer divers van aard met verschillende knelpunten:
 - Gootzandvangers met te veel organisch materiaal;
 - Hydroclonen met name door verstoppingsgevoeligheid, en het bedrijven buiten de ontwerp specs van de fabrikant;
 - Vlakzandvangers in combinatie met een gootzandwasser fungeren meestal het beste;
 - Bij zandvangers in de waterlijn is de sterk wisselende aanvoer veelal een oorzaak van onvoldoende werking en de waterverdeling over de zandvanger;

Vragen over werkingsmechanisme en ontwerpfilosofie:

- Hebben jullie een standaard methodologie om zandvangers te ontwerpen?
 - Zie bijgaande notitie omtrent dimensioneringsgrondslagen, daarnaast veel projectervaring bij zandvang in de sliblijn, waarmee de keuzen, ontwerpen worden gemaakt;
 - De laatste jaren zijn ook diverse zandwassers actief om de zandkwaliteit te verbeteren, enkele projecten zijn uitgevoerd, maar waaruit ook leerpunten naar voren zijn gekomen, o.a.. Haarlem-Waarderpolder, Leiden Noord, Eindhoven;
 - Op de markt zijn vrijwel alleen vertegenwoordigingen actief die weinig tot geen kennis hebben, dus lastig om een goed systeem in de markt te zetten.

- Doen jullie aan nazorg en hebben jullie gegevens over hoe de zandvanger werkt in de praktijk?
 - In het verleden (meer dan 20 jaar terug) had W+B een zogenaamde after sales constructie waarbij rwzi's die door W+B waren ontworpen en gebouwd werden bezocht en de bedrijfsvoerder zijn ervaringen werden teruggekoppeld. Daardoor is er te weinig beeld van de praktijk ervaring o.a. op dit gebied. Verder heb ik persoonlijk veel projectervaring van verschillende typen zandvanginstallatie en ook veel gezien op rwzi's. Nieuw is de zandwasapparatuur, daarvan is relatief weinig kennis.

Vragen alleen voor leveranciers van zandverwijderingsapparatuur:

- Wat zijn de principes waarop de zandvanger is ontworpen?
- Wat zijn de systeemgrenzen?
- Waar is de zandvanger goed in?
- Waarom is jullie systeem beter dan de concurrentie?
- Hoe wordt de zandvanger bedreven/beheerd?
- Wat is het energieverbruik?

Algemene afsluitende vragen:

- Wat zijn ervaringen met andere typen zandvangers?
 - In het verleden had W+B veel ervaring met de toepassing van het fabricaat Dorr Oliver als autoriteit in de markt. W+B heeft mede om deze reden destijds de hoofdconstructeur van Dorr Oliver in dienst genomen, en had dus veel kennis van Dorr Oliver productie. Deze fabrikant is niet meer zelfstandig actief op de Nederlandse markt;
 - Er is minder ervaring met zogenaamde Jetta Zandvangers in de waterlijn (o.a. Noordwijk, Foxhol), en zogenaamde beluchte zandvang o.a. Terwolde en Breda Nieuwveer);
 - Het aantal spelers op de markt is nu zeer beperkt Fabricaat Huber, en Ovivo zijn wereldwijde spelers die een kleine Nederlandse vertegenwoordiging hebben, resp. Dutch Spiral en Machinefabriek Bosker;
 - Voor mij nieuw in de markt is de fa. B&D procesequipment (<http://www.zand.nu/>);
- Hoe kijk je aan tegen de verwijdering van klein zand (sub 150 micron): is dit technisch en financieel haalbaar/wenselijk in verband met verhoogde slibverwerkingskosten?
 - In de praktijk blijkt dat de prestaties van gewoon zand met meer dan 150 micron al sterk tegenvallen, dus met name in de sliblijn zal het moeilijk worden tot prestatie verhogingen te komen.

BIJLAGE V

ENQUÊTEVRAGEN

Onderwerp
ProjectPre-enquete Handboek Zandverwijdering
STOWA Handboek Zandverwijdering

Datum			
Naam invuller 1		Naam invuller 2	
Functie invuller 1		Functie invuller 2	
Telefoonnummer invuller 1		Telefoonnummer invuller 2	
E-mail adres invuller 1		E-mail adres invuller 2	
Deze enquête is ingevuld namens...	Waterschap Noorderzijlvest Waterschap Fryslân Waterschap Hunze en Aa's Waterschap Drents Overijsselse Delta Waterschap Vechtstromen Waterschap Vallei en Veluwe		
Kunnen we contact met u opnemen als we nog aanvullende vragen hebben?	☒ Ja ☐ Nee		
Hoeveel overlast is er van zand op de rwzi's binnen uw waterschap?	Kies uw antwoord Geen last Weinig last Neutraal Een beetje last Veel last		
Hoe gaat het waterschap om met het zand in het influent?	Zand wordt niet apart afgevangen Overwegend zandvangers in de waterlijn Overwegend zandvanger in de sliblijn Anders, namelijk [...]		
Wordt het afgevangen zand gewassen?	☒ Ja ☐ Nee ☐ Weet niet		
Wat is het doel van zand verwijderen?	☐ Beschermen slijtagegevoelige systeemdelen ☐ Voorkomen voorstoppen ☐ Verminderen zand in de surplus slib afvoer ☐ Voorkomen van volumereductie van de reactoren ☐ Anders, namelijk ... ☐ Weet niet		
Hebben jullie een zuivering waar jullie trots op zijn met betrekking tot zandverwijdering?	☒ Ja, namelijk: ☐ Nee	Ja, namelijk...	
Hebben jullie een zuivering waar jullie graag verbeteringen zouden zien met betrekking tot zandverwijdering?	☒ Ja, namelijk: ☐ Nee	Ja, namelijk...	
De hoeveelheid zand die wordt afgevoerd is...	Ton kg	Per	Week Maand
Hoe wordt op dit moment het verwijderde zand afgezet?			
Zijn er bepaalde eisen aan het af te zetten zand?	☒ Ja, namelijk: ☐ Nee	Ja, namelijk...	
Zijn de kosten bekend van het afzetten van het zand?	☒ Ja, namelijk: ☐ Nee	Ja, namelijk...	EUR/ton zand
Hoe wordt op dit moment het surpluslib verder verwerkt?			
Zijn er bepaalde eisen aan het surpluslib?	☒ Ja, namelijk: ☐ Nee ☐ Weet niet	Ja, namelijk...	
Zijn de kosten bekend van het afzetten van het surpluslib?	☒ Ja, namelijk: ☐ Nee	Ja, namelijk...	EUR/ton slibkoek
Heeft u beschikking over data van het zand en de zandverwijdering (e.g. zandfracties, zeefkrommes etc.)?	☒ Ja ☐ Nee		
Heeft u nog verdere op- of aanmerkingen?			
Zijn alle bovenstaande vragen ingevuld?	☐ Ja ☒ Nee		

Onderwerp
ProjectEnquete Handboek Zandverwijdering
STOWA Handboek Zandverwijdering

Datum		Naam invuller 1		Naam invuller 2													
Functie invuller 1		Functie invuller 2		Functie invuller 2													
Telefoonnummer invuller 1		Telefoonnummer invuller 2		Telefoonnummer invuller 2													
E-mail adres invuller 1		E-mail adres invuller 2		E-mail adres invuller 2													
Deze enquête is ingevuld namens...	Waterschap Noorderzijlvest Waterschap Fryslân Waterschap Hunze en Aa's Waterschap Drenthe Overijssel Delta Waterschap Vechtdronen Waterschap Vallei en Veluwe																
Kunnen we contact met u opnemen als we nog aanvullende vragen hebben?	☒ Ja ☐ Niet																
Over welke RWZI beantwoord u deze vragenlijst?	RWZI MAASTRICHT-LIMMEL RWZI WIERIT RWZI MAASTRICHT BOSSCHERVELD RWZI SPINVELD RWZI HEERLEN RWZI RUMBURG RWZI KAFERBERG (KERKGADE) RWZI HOOGSBOEK																
Wat is meest voorkomende type riolering in het bedieningsgebied en wat is het oppervlakte van het bedieningsgebied?	Gecombineerd afval- en hemelwater afvoer onder vrij verval; Gecombineerd afval- en hemelwater afvoer in een persleiding; Gescheiden afval- en hemelwaterafvoer onder vrij verval; Gescheiden afval- en hemelwaterafvoer in een persleiding; Anders, namelijk... Weet niet	Oppervlakte:		km²													
Zijn er nog bijzonderheden bij deze zuivering, die niet vermeld zijn in de gegevens van het CBS?	☒ Ja, namelijk: ☐ Niet ☐ Weet niet	Ja, namelijk...															
Hoe gaan jullie om met het zand in het influent?	Zand wordt niet apart afgevangen Zandvanger in de waterlijn Zandvanger in de sliblijn Anders, namelijk () Weet niet	Anders, namelijk...															
	N.A.	Elders, namelijk...															
	N.A.	Anders, namelijk...															
De hoeveelheid zand die wordt afgevoerd is...	<table border="1"> <tr> <td>Tot</td> <td>Per</td> <td>Werk</td> </tr> <tr> <td>kg</td> <td></td> <td>Maand</td> </tr> <tr> <td>m3</td> <td></td> <td>Half jaar</td> </tr> <tr> <td>Containers</td> <td></td> <td>Jaar</td> </tr> </table>	Tot	Per	Werk	kg		Maand	m3		Half jaar	Containers		Jaar				
Tot	Per	Werk															
kg		Maand															
m3		Half jaar															
Containers		Jaar															
Zijn jullie in het verleden al eens gewisseld van type zandvang?	Ja, van sliblijn naar waterlijn, omdat... Ja, van waterlijn naar sliblijn, omdat... Ja, van geen zandvanger naar waterlijn, omdat... Ja, van geen zandvanger naar sliblijn, omdat... Niet	Omdat...															
Wat is de ervaring met het wisselen van systeem?																	
Waarom is er voor deze methode van zandverwijdering en dit type apparatuur gekozen gekozen?																	
Hoe tevreden zijn jullie over het gekozen systeem?	Zeer ontevreden Zeer tevreden	Omdat...															
Hoe efficiënt is het systeem?	Zeer inefficiënt Zeer efficiënt	Omdat...															
Wat zijn knelpunten/verbeterpunten aan het systeem?																	
Wordt het afgevangen zand gewassen?	☒ Ja ☐ Niet																
Wat voor type zandwasser wordt er toegepast?																	
Waarom is er voor deze methode van zandwassen en dit type apparatuur gekozen gekozen?																	
Hoe tevreden zijn jullie over het gekozen systeem?	Zeer ontevreden Zeer tevreden	Omdat...															
Hoe efficiënt is het systeem?	Zeer inefficiënt Zeer efficiënt	Omdat...															
Wat zijn knelpunten/verbeterpunten aan het systeem?																	
Wat gebeurt er met het zand na het wassen?																	
Wat gebeurt er met het organisch materiaal afkomstig uit de waterlijn?	Dat gaat terug naar de zandwasser en vervolgens naar de zuivering; Dat gaat direct naar de zuivering Anders, namelijk () Weet niet	Anders, namelijk...															
Wordt het zandgehalte in het influent gemeten?	☒ Ja, namelijk... ☐ Niet	Door middel van...			(naam methode)												
Wordt het zandgehalte in het Effluent gemeten?	☒ Ja, namelijk... ☐ Niet	Aantal keer per jaar...			(naam methode)												
Wordt de samenstelling het gewassen zand gemeten?	☒ Ja, namelijk... ☐ Niet	Door middel van...			(naam methode)												
Wordt het zandgehalte in het primair slib gemeten?	☒ Ja, namelijk... ☐ Niet	Aantal keer per jaar...			(naam methode)												
Wordt het zandgehalte in het surpluslib gemeten?	☒ Ja, namelijk... ☐ Niet	Door middel van...			(naam methode)												
Is uw data over zand en zandverwijdering openbaar beschikbaar?	☐ Ja ☒ Niet	Aantal keer per jaar...															
Zijn alle bovenstaande vragen ingevuld?	☐ Ja ☒ Niet																

Indien mogelijk zouden wij graag de volgende gegevens van u ontvangen:

- Zandgehalte in het influent 2010-2015;
- Zandgehalte in het effluent 2010-2015;
- Samenstelling influent 2015 (dagdebieten);
- Samenstelling afgevangen zand (% d₅, %d₅₀) 2010-2015;
- Hoeveelheid afgevangen zand 2010-2015;
- Zandgehalte in het primair slib 2010-2015;
- Zandgehalte in het surpluslib 2010-2015;
- Zandgehalte in het uitgeste slib 2010-2015;
- Korrelgrootteverdeling van afgevangen zand.