

Pilotonderzoek naar behandeling van riooloverstortwater



[Kallisto WPIII]

Projectleider: H.W.H. Menkveld
Auteurs: E. Broeders, D. Schellekens, P. van Dijk
Datum: 19-10-2012
Status: Definitief
Projectnummer:
DIS-nummer :

Managementsamenvatting

Inleiding

De waterkwaliteit in de rivier de Dommel en zijwaterlopen is onvoldoende voor het bereiken van een goede ecologische toestand. In de toekomst zullen daardoor aanvullende maatregelen vereist zijn. Onder het motto 'Samen, Slim, Schoon' zijn Waterschap de Dommel en de gemeente Eindhoven met 9 overige betrokken gemeenten in het stroomgebied van de Dommel daarom het project KALLISTO gestart. Hierbij is gebruik gemaakt van expertise binnen de waterschappen Brabantse Delta en Vallei & Eem, de universiteiten van Wageningen en Gent (B), de STOWA en diverse leveranciers en adviseurs.

Kallisto project

Het doel van Kallisto is de waterkwaliteit en ecologie van de rivier de Dommel doelmatig en duurzaam te verbeteren door grip te krijgen op de vuilwaterstromen in de afvalwaterketen van de regio Eindhoven. Het Kallisto onderzoek verkent hierbij mogelijke sturings-, bergings-, zuiverings- en inrichtingsmaatregelen vanaf de rioolaansluitingen bij de mensen thuis tot aan de lozing van het gezuiverde effluent op de rivier de Dommel. Dit moet uiteindelijk leiden tot een set van maatregelen voor een kosteneffectieve aanpak om de waterkwaliteit in de Dommel te verbeteren.

Centraal in de aanpak van het project Kallisto staat sturing op basis van de ontvangende waterkwaliteit c.q. de ecologische belastbaarheid van het ontvangend watersysteem. Daarbij moet steeds een keuze worden gemaakt tussen bescherming tegen acute effecten (zuurstofloosheid, toxiciteit door ammoniumpieken), bescherming tegen eutrofiëring (overmatige toevoer van nutriënten waardoor biodiversiteit sterk afneemt) en de schaal waarop effecten mogen optreden.

Probleemstelling Kallisto

Het optreden van overstortingen vanuit de riolering van 10 gemeenten in de regio Eindhoven bij hevige regen en de lozing van effluent van de rwzi Eindhoven leiden tot waterkwaliteitsproblemen in de Dommel en hebben directe gevolgen voor de aquatische ecologie in de Dommel. De volgende problemen treden op:

- Door uitspoeling van onopgeloste bestanddelen (OB) bij hevige regen treden zuurstofdips (tot bijna zuurstofloosheid) op in de Dommel;
- Door hoge ammoniumpieken wordt acute zuurstofloosheid of toxiciteit veroorzaakt en kan vissterfte en/of verdrijving van fauna optreden;
- KRW doelstellingen voor achtergrondconcentraties stikstof (N) en fosfaat (P) worden niet gehaald vanwege een te hoge nutriëntenbelasting van stikstof en fosfaat via rwzi-effluent naar de Dommel.

Gezien de verhouding tussen de geloosde vuilvracht bij regensituaties en de capaciteit van het ontvangende oppervlaktewater zal het waarschijnlijk nodig zijn om gericht aanvullende (biologische, hydraulische of fysisch/chemische) zuiveringscapaciteit in te zetten. In het kader van het Kallisto project is daarom pilotonderzoek op de RWZI Eindhoven uitgevoerd om onder praktijkcondities te bepalen welke zuiveringstechnieken het meest effectief zijn om overstortwater vanuit het rioolstelsel (ROS) en vanuit de regenwaterbezinktank (RBT) op de RWZI Eindhoven op de Dommel effectief te behandelen.

Doelstelling pilotonderzoek

De doelstelling van het pilotonderzoek is het bepalen welke zuiveringstechnieken technisch het meest effectief zijn om riooloverstortwater bij een riooloverstort en/of de RWZI Eindhoven vergaand te zuiveren. De resultaten worden ter ondersteuning gebruikt voor het ontwikkelen van zuiveringsscenario's in het rioolstelsel zelf en/of op de RWZI Eindhoven, die leiden tot een algemene verbetering van de waterkwaliteit in de rivier de Dommel.

Onderzochte zuiveringstechnieken

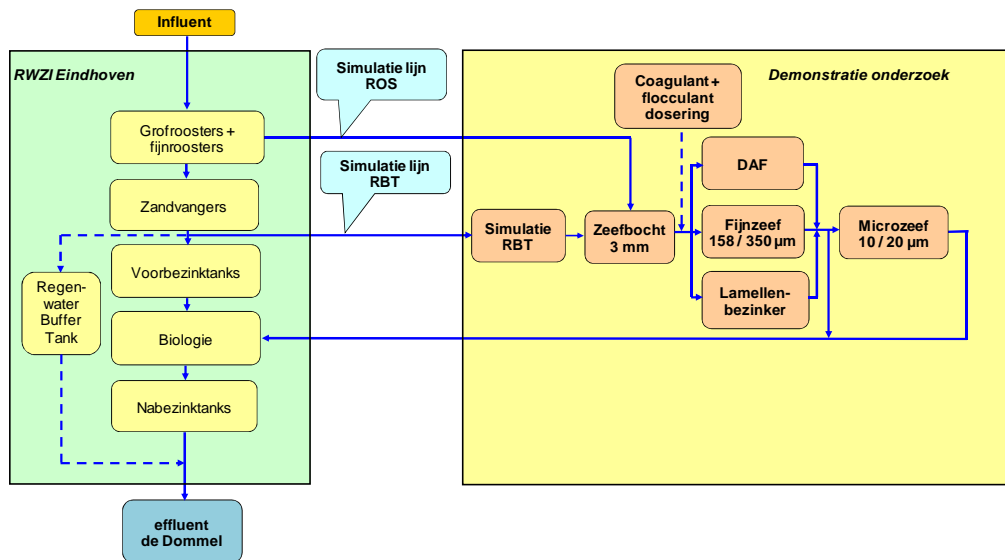
Op basis van verwijdering van onopgeloste bestanddelen (OB) en randvoorwaarden voor plaatsing op een riooloverstortlocatie of op de RWZI Eindhoven zijn een viertal technieken geselecteerd waarbij de technieken onopgeloste bestanddelen verwijderen via verschillende zuiveringsprincipes. De volgende 4 technieken zijn tijdens het pilotonderzoek getest:

- Dissolved air flotation (DAF); leverancier *Nijhuis Water Technology*;
- Lamellenbezinking; leverancier *Facet*;
- Fijnzeef (90-350 µm); leverancier *BWA/Salsnes*;
- Microzeef (10-20 µm); *Leverancier Hubert*.

Opzet pilotonderzoek

Om permanent onderzoek te kunnen doen en daarmee voldoende onderzoeksdata te genereren zijn gedurende het pilotonderzoek riooloverstortwater (ROS) en overstortwater vanuit de regenwaterbuffertank (RBT) op de RWZI Eindhoven gesimuleerd, zie figuur 1.

Figuur 1. Schematisch overzicht van de RWZI Eindhoven, de gesimuleerde stromen en de technieken welke op pilotschaal zijn onderzocht.



Resultaten

In tabel 1 zijn de gemiddelde filtraatconcentraties en verwijderingsrendementen van onopgeloste bestanddelen, CZV en totaal fosfaat weergegeven voor behandeling van riooloverstortwater.

Tabel 1: Gemiddelde filtraatconcentraties en verwijderingsrendementen bij behandeling van riooloverstortwater per zuiveringstechniek

Techniek of combinatie van technieken	onopgeloste bestanddelen		CZV		P-totaal	
	Filtraat concentratie [mg/l]	Rendement [%mg/l]	Filtraat concentratie [mg/l]	Rendement [%]	Filtraat concentratie [mg/l]	Rendement [%]
Lamellenbezinker	142	37	436	17	9,3	5
DAF	80	55	335	27	6,7	8
Fijnzeef	69	59	303	33	5,6	7
Lamellenbezinker + microzeef (20 µm)	36	82	287	36	7,4	5
Fijnzeef + microzeef (20 µm)	39	73	273	31	5,8	7
DAF + chemicaliën	15	91	123	70	0,7	89
Fijnzeef + chemicaliën	32	84	160	62	0,9	85

Uit de resultaten met de verschillende technieken in tabel 1 blijkt dat:

- Vergaande verwijdering van onopgeloste bestanddelen, CZV en P-totaal enkel mogelijk is middels het doseren van chemicaliën (coagulant en polymeer);
- De DAF en fijnzeef zonder dosering van chemicaliën nagenoeg vergelijkbare verwijderingsrendementen behalen met gelijk presteren;
- Naschakeling van een 20 µm microzeef extra rendement behaalt op OB, maar weinig toegevoegde waarde heeft voor verwijdering van CZV en P-totaal;

Toepassing technieken op een riooloverstortlocatie of RWZI

Naast een vergaande verwijdering van onopgeloste bestanddelen en zuurstofbindende stoffen dienen de zuiveringstechnieken ook te voldoen aan een aantal andere randvoorwaarden voor de uiteindelijke toepassing op de RWZI of op een overstortlocatie. De geselecteerde technieken moeten om kunnen gaan met de volgende uitgangspunten:

- discontinuïteit overstorten (10-15 keer per jaar, soms maanden niet);
- hoge concentraties onopgeloste bestanddelen > 1000 mg/l bij start overstort;
- techniek snel operationeel < 5 minuten;
- robuuste techniek;
- op afstand bestuurbaar/controleerbaar, volautomatisch;
- volume reststroom zo geconcentreerd mogelijk;
- geen geur- en geluidsbelasting of belasting beheersbaar maken;
- laag energieverbruik.

Voor behandeling van riooloverstortwater bij een overstortlocatie zijn daarnaast nog enkele aanvullende voorwaarden gedefinieerd welke in het geval van overstortlocaties van nog groter belang zijn dan op de RWZI Eindhoven:

- kleine footprint & visueel inpasbaar (ondergronds);
- veilig & bestand tegen vandalisme;
- eenvoudig inpasbaar, aan te sluiten op bestaande riolering;
- geen chemicaliënopslag, en geen afname van werking hulpstoffen bij langere stand tijd.

Het gebruik van chemicaliën is op de RWZI Eindhoven goed te organiseren, vanwege de aanwezigheid van faciliteiten en personeel. Op een overstortlocatie geven het werken met chemicaliën, het opslaan van chemicaliën en de stand tijd praktische problemen.

In tabel 2 zijn de technieken vergeleken op toepasbaarheid, waarbij resultaten zijn weergegeven voor verwijderingsrendementen, chemicaliëngebruik en ontwerpparameters en een score is toegekend voor een kwalitatieve vergelijking.

Tabel 2: vergelijking van technieken voor behandeling van riooloverstortwater bij een riooloverstort zelf of op de RWZI Eindhoven

Parameter	Eenheid	Toepassing rechtstreeks op riooloverstort		Toepassing op RWZI Eindhoven	
		Lamellen bezinking	Fijnzeef	Fijnzeef inclusief coagulatie/flocculatie	DAF inclusief coagulatie/flocculatie
Verwijderingsrendementen:					
OB verwijdering	%	37 [6 – 63]	59 [19 – 81]	84 [61 – 99]	91 [72 – 99]
CZV verwijdering	%	17 [3 – 49]	33 [13 – 58]	62 [52 – 84]	70 [51 – 87]
CZV>10 µm verwijdering	%	34 [5 – 68]	55 [42- 84]	83 [57 – 94]	93 [71 – 100]
P-totaal verwijdering	%	8 [1 – 23]	8 [0 – 30]	85 [52 – 95]	89 [62 – 98]
Chemicaliëngebruik:					
- Aluminiumsulfaat	Me:PO4-P	n.v.t.	n.v.t.	3,5	3,5
- polymeer voor afscheidbare vlokken	ppm	n.v.t.	n.v.t.	17	1,8-2,8
Ontwerpparameters:					
- oppervlaktebelasting	m/uur	3,5	95	10	30
- plaatbelasting	m/uur	0 – 1,10	n.v.t.	n.v.t.	3,5
- doekbelasting	m/uur	n.v.t.	190	44	n.v.t.
- opstarttijd	min	0	< 5	< 5	< 5
- d.s. gehalte spuislib	% ds	n.b.	15-25	1-3	2-5
Kwalitatieve vergelijking:					
- processtabiliteit		+	+	-	+
- vorming stabiele vlokken		n.v.t.	n.v.t.	0	+
- geen effect variatie in DWA/RWA en OB belasting op filtraatkwaliteit		+	+	0	+
- dosering coagulant en polymeer mogelijk op ingaande belasting		n.v.t.	n.v.t.	0/+	+
- sturing filtraatkwaliteit via onderdosering coagulant en/of polymeer		n.v.t.	n.v.t.	0	0
- robuustheid technologie		+	++	0	+
- footprint t.o.v. bergingsbezinkbasin		+	++	n.v.t.	n.v.t.
- bergend vermogen		+	-	n.v.t.	n.v.t.
- extra voorzieningen benodigd		+	-	n.v.t.	n.v.t.
- onderhoud (kosten en frequentie)		+	0	n.v.t.	n.v.t.

Op basis van de uitgangspunten in combinatie met de behaalde resultaten tijdens het pilotonderzoek zijn voor behandeling van riooloverstortwater rechtstreeks bij een riooloverstort, een lamellenbezinker geïntegreerd in een bergbezinkbassin of een fijnzeef zonder toevoeging van coagulant en flocculant de meest voor de hand liggende technieken. Een DAF-installatie geeft vergelijkbare rendementen als een fijnzeef. Een DAF installatie is echter veel lastiger op een riooloverstortlocatie in te bouwen. Een tweetraps filtratie door een microzeef met een filterdoek van 10 of 20 µm na te schakelen, is praktisch niet haalbaar omdat de OB-belasting na een lamellenbezinker of fijnzeef te hoog is.

Voor toepassing op de RWZI Eindhoven zijn DAF of een fijnzeef (beide met chemicaliën) de meest kansrijke opties en op basis van een eerste verkenning binnen KALLISTO lijkt het interessant om de bestaande voorbezinktanks op de RWZI Eindhoven hiermee te vervangen. Op basis van de onderzoeksresultaten is een DAF met voorgeschakelde coagulatie via aluminiumsulfaat en flocculatie met een anionisch polymeer als techniek hierbij het meest geschikt. Zowel qua maximale verwijderingsrendementen, lagere dosering van polymeer, benodigde grootte full-scale installatie, processtabiliteit en robuustheid structureel scoort een DAF beter dan een fijnzeef voor deze toepassing.

Aanbevelingen voor vervolgonderzoek

Om de technische en economische haalbaarheid van DAF op de RWZI Eindhoven te testen is het noodzakelijk om uitgebreider proefonderzoek met een grotere DAF installatie. Hierbij dienen de volgende aspecten nader onderzocht te worden:

- het verkrijgen van een zo hoog mogelijke verwijdering van onopgeloste bestanddelen en CZV > 10 μm , waarbij de BZV/CZV verhouding ten opzichte van stikstof voldoende hoog blijft (BZV/N-verhouding > 2,5) voor eventuele nageschakelde denitrificatie. Hiervoor dient een on-line doseerregeling voor coagulant en polymeer te worden ontwikkeld op basis van online troebelheids- en ortho-fosfaatmeting in de voeding van DAF unit waarmee de BZV/N verhouding gestuurd kan worden;
- het testen van de on-line doseerregeling bij variaties in hydraulische belasting;
- het nader onderzoeken of het mogelijk is om structureel goede verwijderingsrendementen te bereiken met alleen dosering van aluminiumsulfaat als coagulant zonder dat polymeer wordt gedoseerd;
- het bepalen wat de beste uitvoeringsvorm voor coagulatie en flocculatie is bij een systeem voor 9.000 m³/uur (mengtanks of pijp-flocculator).

Afkortingenlijst

ANBT	Afloop Nabezinktank
AT	Aëratietank
BWS	Bovenwaterstand
BZV ₅	Biologisch zuurstofverbruik in 5 dagen
CZV	Chemisch zuurstofverbruik
DAF	Dissolved Air Flotation
DWA	Droogweeraanvoer
FI	Filtraat
G-waarde	Snelheidsgradiënt (maat voor mengenergie)
GAC	Granulated Activated Carbon
Kallisto	Kosteneffectieve Afvalwaterketen optimalisatie door vuillast reductie met Integrale directe Sturing- en investeringsmaatregelen, ter verbetering van de Oppervlaktewaterkwaliteit
KRW	Kaderrichtlijn Water
Me/PO ₄ -P	Metaal - orthofosfaat verhouding op mol basis
MTR	Maximaal toelaatbaar risico
N ₂	Stikstof gas
NBT	Nabezinktank
NH ₄ -N	Ammonium stikstof
N-Kjeldahl (NKj)	Kjeldahl stikstof
NO ₂ -N	Nitrietstikstof
NO ₃ -N	Nitraatstikstof
NO _x -N	Som nitriet- en nitraatstikstof
N-tot	Totaal stikstofgehalte
NTU	Neophelometric Turbidity Unit; eenheid troebelheid
P	Fosfor
PACl	Polyaluminiumchloride; coagulant
PAX-11	Speciaal type polyaluminiumchloride
PE	Polyelectrolyt (polymeer)
OB	Onopgeloste bestanddelen
Portho	Orthofosfaat (opgelost)
P-tot	Totaal fosforgehalte
PO ₄ -P	Orthofosfaat-fosfor(opgelost)
Q	debiet
RBT	Regenwater buffertank
ROS	Riooloverstort
RWA	Regenwateraanvoer
RWZI	Rioolwaterzuiveringsinstallatie
SimRBT	Simulatie regenwater buffertank
SimROS	Simulatie RioolOverStortwater
VvdH	Vincent van de Heuvellaan (monsternamepunt rioolstelsel Eindhoven)
VBT	Voorbezinktank
WvO	Wet verontreiniging Oppervlaktewater

Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	1
1.1	Achtergrond KALLISTO	1
1.2	Werkpakket 3 Optimalisatie maatregelen werking overstorten	2
1.3	Probleemstelling proefonderzoek.....	2
1.4	Doelstelling proefonderzoek	3
1.5	Onderzoeksvragen	3
1.6	Leeswijzer.....	4
2	Beschrijving situatie afvalwatercluster Eindhoven.....	5
2.1	Rioleringsstelsel en RWZI Eindhoven	5
2.2	Samenstelling afvalwaterstromen	7
2.2.1	RWZI Eindhoven	7
2.2.2	Riooloverstorten	7
3	Materiaal en methoden.....	9
3.1	Inleiding	9
3.2	Schematisatie proefonderzoek – plant layout	9
3.3	Opzet simulatie afvalwaterstromen	9
3.4	Definitie reguliere- en overstortsituaties.....	11
3.5	Selectie technieken	12
3.5.1	Systeemeisen voor verwijderingsrendementen	12
3.5.2	Randvoorwaarden en keuze technieken	13
3.5.3	Beschrijving technieken	15
3.6	Bedrijfsvoering	19
3.7	Hulpstoffen.....	19
3.8	Bemonstering en analyse	20
3.8.1	Monstername	20
3.8.2	Sneltesten.....	20
3.8.3	Laboratorium analyses	21
3.8.4	On-line metingen	22
3.9	Methode van fractionering, datavalidatie en dataverwerking.....	22
3.9.1	Fractionering.....	22
3.9.2	Datavalidatie.....	23
4	Resultaten	24
4.1	Inleiding	24
4.2	Simulatie afvalwaterstromen	24
4.2.1	Riooloverstortwater.....	24
4.2.2	Overstortwater RBT RWZI Eindhoven	26
4.2.3	Rendementen simulatietank in vergelijking met RBT.....	28
4.3	Lamellenbezinker.....	30

4.3.1	Onderzoekperioden met gebruikte procesinstellingen	30
4.3.2	Bedrijfsvoering	30
4.3.3	Verwijdering onopgeloste bestanddelen	32
4.3.4	Verwijdering CZV	33
4.3.5	Verwijdering P-totaal	35
4.3.6	Verwijdering stikstof	36
4.3.7	Fractionering OB, CZV, en P-totaal.....	36
4.4	DAF unit	37
4.4.1	Onderzoekperioden en gebruikte instellingen	37
4.4.2	Bedrijfsvoering DAF unit	37
4.4.3	Verwijdering onopgeloste bestanddelen	38
4.4.4	Verwijdering CZV	41
4.4.5	Verwijdering P-totaal	44
4.4.1	Verwijdering N-totaal.....	47
4.4.2	Fractionering OB, CZV, en P-totaal.....	48
4.5	Fijnzeef.....	53
4.5.1	Onderzoekperiodes met gebruikte procesinstellingen	53
4.5.2	Bedrijfsvoering	53
4.5.3	Verwijdering onopgeloste bestanddelen	56
4.5.4	Verwijdering CZV	60
4.5.5	Verwijdering P-totaal	63
4.5.6	Verwijdering stikstof	67
4.5.7	Fractionering OB, CZV, en P-totaal.....	68
4.6	Microzeef	69
4.6.1	Onderzoekperioden met gebruikte procesinstellingen	69
4.6.2	Bedrijfsvoering microzeef.....	70
4.6.3	Verwijdering onopgeloste bestanddelen	71
4.6.4	Verwijdering CZV	72
4.6.5	Verwijdering P-totaal	74
4.6.1	Fractionering OB, CZV, en P-totaal.....	74
5	Discussie en beantwoording onderzoeksvragen	76
5.1	Inleiding	76
5.2	Onderzoeksvraag 1: samenstelling overstortwater vanuit RBT en riolering ..	76
5.3	Onderzoeksvraag 2: representativiteit simulatie lijnen	77
5.4	Onderzoeksvraag 3: haalbare filtraatconcentraties en verwijderingsrendementen.....	78
5.4.1	Verwijdering OB	78
5.4.2	Verwijdering CZV	80
5.4.3	Verwijdering BZV ₅ , en vergelijking CZV/BZV ₅ , BZV ₅ /N en BZV ₅ /P verhoudingen	82
5.4.4	Verwijdering P-totaal	84

5.5	Onderzoeksvraag 4: effect en optimalisatie chemicaliëndosering	85
5.5.1	Optimale doseerhoeveelheden	86
5.5.1	Effecten coagulatie en flocculatie op BZV ₅ /N en BZV ₅ /P verhouding	86
5.6	Onderzoeksvraag 5: mogelijkheden tweetraps filtratie in plaats van chemicaliëndosering	87
5.7	Onderzoeksvraag 6: effecten van variatie in DWA en RWA op technieken	87
5.8	Onderzoeksvraag 7: relevante ontwerpparameters	89
5.9	Onderzoeksvraag 8: voorwaarden voor stabiele bedrijfsvoering voor behandeling van riooloverstortwater	90
5.10	Onderzoeksvraag 9: resultaten proefonderzoek in vergelijking tot de verwachtingen.....	91
5.11	Onderzoeksvraag 10: toepasbaarheid technieken op overstortwater vanuit RBT en riolering	92
5.11.1	Riooloverstort locaties.....	92
5.11.2	Vervangen voorbezinktanks RWZI Eindhoven	93
5.11.3	Andere toepassingen op RWZI Eindhoven	94
6	Conclusies en Aanbevelingen.....	95
6.1	Resultaten onderzochte technieken	95
6.2	Toepasbaarheid technieken	96
6.3	Aanbevelingen	96
	Literatuurlijst	97
	Bijlage 1:	i
	Bijlage 2:	ii

1 Inleiding

1.1 Achtergrond KALLISTO

De waterkwaliteit in de rivier de Dommel is niet toereikend voor een goede ecologische toestand voor het waterleven. Aanvullende maatregelen zijn daarom vereist. De afgelopen jaren zijn veel projecten uitgevoerd door het Waterschap, gemeente Eindhoven en de overige 9 gemeenten welke zijn aangesloten op RWZI Eindhoven om de waterkwaliteit in de rivier de Dommel op een hoger niveau te krijgen. Binnen de afvalwaterketen is geïnvesteerd in de volledige renovatie van RWZI Eindhoven (750.000 i.e., figuur 1.1) en in de aanleg van een groot aantal randvoorzieningen en groene buffers achter de riooloverstorten. Daarnaast is een deel van de Dommel in natuurlijke staat (her)ingericht en uitgebaggerd.

Figuur 1.1: RWZI Eindhoven



Desondanks staat de waterkwaliteit in rivier de Dommel voortdurend onder druk door de lozing vanuit de RWZI en de overstorten uit het rioolstelsel. Deze genoemde stromen zijn relatief groot, in verhouding tot de capaciteit van het ontvangende oppervlaktewater. Zo levert het effluent onder droogweeraanvoer (DWA) ongeveer 50% van het debiet in de Dommel, wat oploopt tot ongeveer 90% tijdens langdurige buien bij regenweeraanvoer (RWA). Daarnaast leveren 170 overstorten vanuit het achterliggend gebied, van ruim 4.000 hectare aangesloten verharding, een aanzienlijke stootbelasting voor de kwetsbare Dommel op.

Onder het motto 'Samen, Slim, Schoon' is Waterschap de Dommel met gemeente Eindhoven en 9 overige betrokken gemeenten in het stroomgebied van de Dommel op zoek naar innovatieve oplossingen voor een vernieuwende aanpak in de afvalwaterketen en het watersysteem. Daarnaast is gebruik gemaakt van expertise binnen de waterschappen Brabantse Delta en Vallei & Eem, de universiteiten van Wageningen en Gent (B), de STOWA en diverse leveranciers en adviseurs. Het KRW-innovatieproject 'Kallisto' moet bijdragen aan een doelmatig en duurzaam schoner oppervlaktewater in de rivier de Dommel. Het Kallisto-project wordt mede mogelijk gemaakt door subsidie van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu via het innovatieprogramma KRW van Agentschap NL.

De kern van het Kallisto-project is het nemen van slimme en effectieve maatregelen om de waterkwaliteit in de Dommel te verbeteren. Het project verkent de juiste sturings-, bergings-, zuiverings- en inrichtingsmaatregelen vanaf de rioolaansluitingen bij de mensen thuis tot aan de lozing van het gezuiverde effluent op de rivier de Dommel. Er wordt hierbij gebruik gemaakt van een fijnmazig meetnet en van onderzoeken op lab- en pilotschaal. Een integrale beslismethodiek bepaalt de mate van verbetering van de oppervlaktewaterkwaliteit en de daarmee gemoeide kosten. Het vergroten van kennis en inzicht in het functioneren van riolering, rioolwaterzuivering en oppervlaktewater speelt hierbij een grote rol. Het eindresultaat is een pakket van kosteneffectieve maatregelen, dat leidt tot de gewenste kwaliteitsverbetering voor rivier de Dommel. Meer informatie over het gehele Kallisto-onderzoek is te vinden op www.samenslimschoon.nl.

1.2 Werkpakket 3 Optimalisatie maatregelen werking overstorten

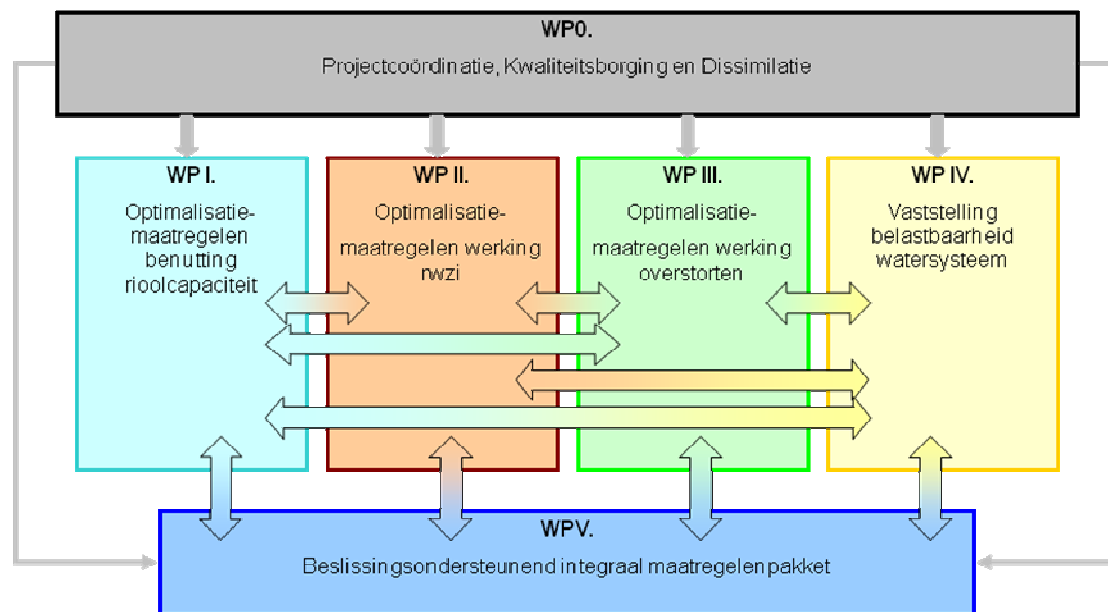
Kallisto omvat onderzoek en verbeteringen in de gehele afvalwaterketen, van de riolering tot en met het oppervlaktewater. Om het project beheersbaar te maken is ervoor gekozen om het in te delen in 6 verschillende werkpakketten (figuur 1.2). Hierbij is werkpakket 0 de projectorganisatie, werkpakketten I tot en met IV gaan inhoudelijk in op optimalisatiemaatregelen in:

- I. benutting van de rioolcapaciteit;
- II. werking van de RWZI Eindhoven;
- III. werking van overstorten (riolering en regenwaterbezinktank);
- IV. belastbaarheid van het watersysteem.

De resultaten van de bovenstaande 4 werkpakketten worden in werkpakket V geïntegreerd tot een integraal rekenmodel dat diverse scenario's kan doorrekenen. Via het rekenmodel zal een totaaloplossing gekozen worden voor de gehele afvalwaterketen binnen cluster Eindhoven welke zorgt voor de gewenste ecologische toestand van de rivier de Dommel en kosteneffectief zal zijn.

Dit rapport bevat de achtergrondinformatie, resultaten en aanbevelingen voor werkpakket III en dient als kennisdocument voor de overige clusterleden en als input voor het rekenmodel van werkpakket V. Het proefonderzoek binnen werkpakket III kost circa 1 miljoen euro en is gefinancierd door Waterschap de Dommel en gemeente Eindhoven.

Figuur 1.2: Projectopzet Kallisto onderverdeeld in werkpakketten



1.3 Probleemstelling proefonderzoek

Het optreden van overstortingen vanuit de riolering van 10 gemeenten in de regio Eindhoven bij hevige regen en de lozing van effluent van de rwzi Eindhoven leiden tot waterkwaliteitsproblemen in de Dommel en hebben directe gevolgen voor de aquatische ecologie in de dommel. De volgende problemen treden op:

- Door uitspoeling van onopgeloste bestanddelen (OB) bij hevige regen treden zuurstofdips (tot bijna zuurstofloosheid) op in de Dommel;
- Door hoge ammoniumpieken wordt acute zuurstofloosheid of toxiciteit veroorzaakt en kan vissterfte en/of verdrijving van fauna optrede;
- KRW doelstellingen voor achtergrondconcentraties stikstof (N) en fosfaat (P) worden niet gehaald vanwege een te hoge nutriëntenbelasting van stikstof en fosfaat via rwzi-effluent naar de Dommel.

Gezien de verhouding tussen de geloosde vuilvracht en de capaciteit van het ontvangende oppervlaktewater zal het, ondanks de maximale inzet van sturing, nodig zijn om gericht aanvullende (biologische, hydraulische of fysisch/chemische) zuiveringscapaciteit in te zetten. Daarom is dit proefonderzoek opgestart waarbij, onder praktijkcondities, testen zijn uitgevoerd is om te bepalen welke zuiveringstechnieken het meest effectief zijn om overstortwater vanuit het rioolstelsel- en vanuit de regenwaterbezinktank op de RWZI Eindhoven op de Dommel effectief te behandelen.

1.4 Doelstelling proefonderzoek

Via pilotonderzoek bepalen welke zuiveringstechnieken technisch het meest effectief zijn om riooloverstortwater bij een riooloverstort en/of de RWZI Eindhoven vergaand te zuiveren. De resultaten worden ter ondersteuning gebruikt voor het ontwikkelen van zuiveringsscenario's in het rioolstelsel zelf en/of op de RWZI Eindhoven, die leiden tot een algemene verbetering van de waterkwaliteit in de rivier de Dommel.

1.5 Onderzoeksvragen

Voor een goede uitvoering van het pilotonderzoek zijn onderzoeksvragen opgesteld. Deze zijn voor zover mogelijk tijdens het pilotonderzoek als leidraad gebruikt voor het uitvoeren van het onderzoek.

1. Welke spreiding is er in concentraties OB, CZV, N en P en in de verschillende deeltjesfracties van riooloverstortwater en overstortwater uit de regenwaterbuffertank?
2. Zijn de deeltjesgrootte en -fracties vanuit de simulatie RBT- en ROS-lijn representatief voor de concentraties van deze parameters in de fracties van respectievelijk de RBT en het influent van RWZI Eindhoven gedurende een overstortsituatie?
3. Welke filtraatconcentraties en verwijderingsrendementen zijn per techniek voor OB, BZV₅/CZV, N-organisch en P-totaal haalbaar bij behandeling van overstortwater, welke deeltjesgrootte is te verwijderen en wat is hierbij het effect van coagulatie/ flocculatie voorafgaand aan DAF en fijnzeef?
4. Wat is het optimale type coagulant en flocculant en welke dosering is noodzakelijk voor een stabiele bedrijfsvoering van DAF en Fijnzeef en wat is het effect op de (BZV/CZV)/N- en de (BZV/CZV)/P-verhouding in het eluaat na toevoeging van coagulant en flocculant?
5. Is het mogelijk om zonder dosering van chemicaliën een microzeef na te schakelen aan één van de andere pilotinstallaties?
6. Is er effect van variatie in DWA/RWA, hydraulische belasting en concentraties op de bedrijfsvoering en de verwijderingsrendementen van de technieken (hoogte en stabiliteit) en hoe is dit effect te minimaliseren?
7. Welke ontwerpparameters zijn relevant per techniek en hoe verhouden deze zich tot de verwijderingsrendementen?
8. Welke voorwaarden zijn noodzakelijk voor een stabiele en robuuste bedrijfsvoering indien een techniek alleen periodiek in gebruik is voor behandeling van riooloverstortwater?
9. Hoe verhouden de behaalde resultaten zich tot de verwachtingen die er waren met de verschillende technieken voorafgaand aan het pilotonderzoek?
10. Welke techniek is het meest geschikt voor behandeling van overstortwater uit het rioolstelsel zelf en/of op de RWZI Eindhoven?

1.6 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft de situatie en werking van afvalwatercluster Eindhoven. In hoofdstuk 3 wordt verder ingegaan op de voorselectie van de pilotinstallaties, de overige materialen en de methode van onderzoeken. Hoofdstuk 4 omvat de analyseresultaten van de verschillende typen afvalwater en de verwijdering van de diverse vervuilingparameters door de pilotinstallaties. In hoofdstuk 5 worden de onderzoeksvragen beantwoord en is een vergelijking gemaakt op basis van resultaten tussen de diverse pilotinstallaties. Tot slot zijn in hoofdstuk 6 de conclusies uiteengezet en zijn aanbevelingen geplaatst voor eventueel vervolgonderzoek of verbeteringen van technieken.

2 Beschrijving situatie afvalwatercluster Eindhoven

2.1 Rioleringsstelsel en RWZI Eindhoven

De afvalwaterketen van het cluster Eindhoven verwerkt het afvalwater van 10 aangesloten gemeenten. Deze voeren via 3 hoofdtransportriolen (riool Noord: Nuenen en Son, riool Stad (Eindhoven) en riool Zuid: Geldrop-Mierlo, Waalre, Valkenswaard, Veldhoven, Eersel, Bergeijk en Heeze-Leende) af naar de RWZI Eindhoven. Figuur 2.1 is een schematisch overzicht van het rioleringsstelsel binnen cluster Eindhoven. De aanvoer vanuit de gemeenten die ten zuiden van Eindhoven liggen geschiedt middels een vrijvervalriool van ruim 40 km. Deze leiding, Riool-Zuid, is aangelegd medio jaren 70.

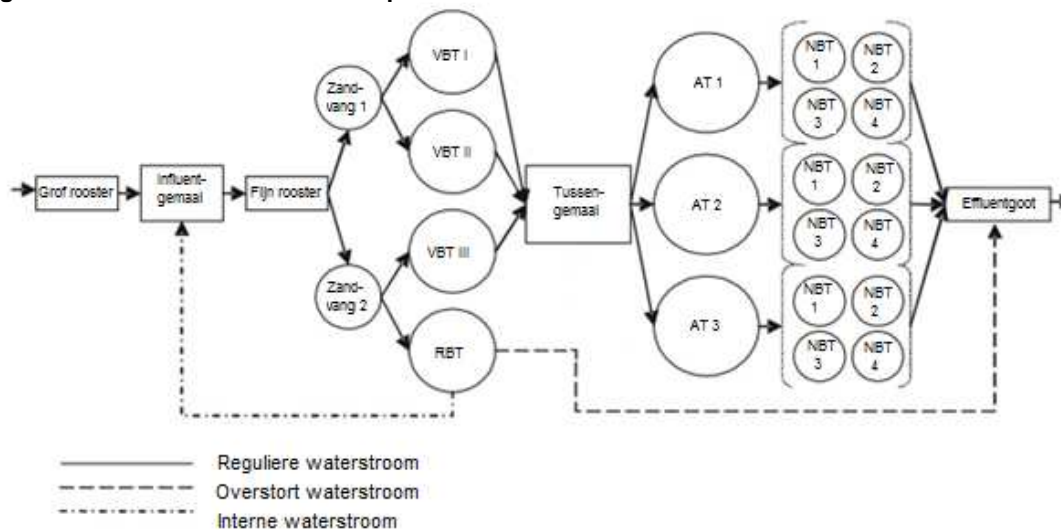
Figuur 2.1: schematisch overzicht aanvoerstelsel riolering cluster Eindhoven



RWZI Eindhoven heeft een ontwerpcapaciteit om 750.000 I.E. (Inwoner Equivalenten à 136 TZV) voor zuivering van rioolwater. Het gemiddelde dagdebiet op RWZI Eindhoven is 160.000 m³/dag in 2011 en het DWA maatgevende uurdebiet is 5.600 m³/uur.

In figuur 2.2 is RWZI Eindhoven weergegeven als een schematisch overzicht. In tabel 2.1 zijn de capaciteiten en waar van toepassing de oppervlaktebelasting per procesonderdeel omschreven.

Figuur 2.2: schematisch overzicht opbouw RWZI Eindhoven



Behandeling van het influent op de RWZI Eindhoven vindt plaats via de volgende stappen:

- Het influent passeert eerst grofroosters met een spleetwijdte van 25 mm alvorens het naar de influentkelders verpompt wordt;
- De hydraulische capaciteit van het influentgemaal is 35.000 m³/uur en is verdeeld over 3 strengen met bijbehorende influentkelders (riool zuid, riool stad en riool Nuenen/Son);
- Vervolgens komt het influent langs fijnroosters met een spleetwijdte van 6 mm alvorens de 3 strengen opgemengd worden in een verzamelgoot welke naar de zandvangs gaat;
- De hydraulische verdeling van de zandvangs is onder DWA condities 66% voor zandvanger 1 en 33% voor zandvanger 2. Bij RWA is de verdeling 50% voor elke zandvanger. Indien de volledige pompcapaciteit benut is, zal 50% van het afvalwater vanuit zandvang 2 naar de regenwaterbezinktank (RBT) opgevoerd worden.
- Het afvalwater wordt verdeeld over 3 zuiveringsstraten met ieder 1 voorbezinktank (VBT) per straat;
- De afloop van iedere VBT gaat via een opvoervijzel naar een separate aëratietank waarbij Bio-P, nitrificatie en denitrificatie plaatsvindt;
- Na de overstortrand van de aëratietanks vindt extra zuurstofinbreng plaats via een cascadetap alvorens het per aëratietank over 4 nabezinktanks (NBT) verdeeld wordt;
- Het effluent van de 12 NBT's komen in een verzamelgoot samen waar het vervolgens geloosd wordt in de rivier de Dommel;
- Indien de RBT overstort, mengt het overstortwater eerst met het effluent alvorens het naar de rivier de Dommel geloosd wordt.

In tabel 2.1 zijn de capaciteiten per procesonderdeel weergegeven en de oppervlaktebelastingen bij DWA en RWA waar van toepassing.

Tabel 2.1: specificaties per procesonderdeel RWZI Eindhoven

Procesonderdeel	Aantal	Capaciteit totaal [m ³ /uur]	Oppervlakte belasting bij DWA [m/h]	Oppervlakte belasting bij RWA [m/h]
Grofroosters (25 mm)	6	35.000	-	-
Influentgemaal rioolstreng Zuid	3	16.870	-	-
Influentgemaal rioolstreng Stad	3	14.000	-	-
Influentgemaal rioolstreng Nuenen/Son	2	3.290	-	-
Fijnroosters (6 mm)	9	35.000	-	-
Zandvanger	2	35.000	7	45
Voorbezinktank	3	26.250	0,7	3,1
Regenbezinktank	1	8.500	-	3,1
Actief slibtanks	3	26.500	-	-
Nabezinktank	12	26.250	0,22	1,04

2.2 Samenstelling afvalwaterstromen

2.2.1 RWZI Eindhoven

In tabel 2.2 is de gemiddelde samenstelling van het influent in 2011 van de RWZI Eindhoven weergegeven.

Tabel 2.2: gemiddelde samenstelling influent op de RWZI Eindhoven in 2011

Parameter	Eenheid	Gemiddeld
CZV	mg/l	415
Ntot-N	mg/l	42
NKj-N	mg/l	42
Ptot-P	mg/l	8,1
Onopgeloste bestanden	mg/l	172

In tabel 2.3 is de samenstelling van het overstortwater in 2010 van de RBT op de RWZI Eindhoven weergegeven.

Tabel 2.3: samenstelling voorbezonden afvalwater uit de regenwaterbuffertank op de RWZI Eindhoven in 2010 (verzamelmonsters per overstortperiode n = 12)

Parameter	Eenheid	Gemiddeld	Minimum	Maximum
CZV	mg/l	112	47	311
NH ₄ -N	mg/l	5,6	1,1	24
NKj-N	mg/l	9,9	3,1	35
Ptot-P	mg/l	2,1	1,1	4,2
PO ₄ -P	mg/l	0,9	0,1	3,4
NO _x -N	mg/l	0,5	0,1	1,1
Onopgeloste bestanden	mg/l	32	3,6	180
Totaal debiet per overstort	m ³ /overstort	59.500	23.250	110.520

2.2.2 Rioloverstorten

Op riooloverstorten zijn in het verleden vooral kwantitatieve metingen verricht. Een van de grotere en meest vervuilende riooloverstorten binnen het stroomgebied van de Dommel is de locatie Vincent van de

Heuvellaan in de gemeente Eindhoven. Op basis van metingen gedurende riooloverstortingen zijn de concentraties bepaald.

Tabel 2.4: Concentraties riooloverstortwater per overstort Vincent van de Heuvellaan (2007-2009)

Parameter	eenheid	gemiddeld	minimum	maximum
CZV	mg/l	183	108	370
BZV5	mg/l	49	27	97
NH4-N	mg/l	2,8	2,0	4,5
NKj-N	mg/l	9,0	6,0	15,6
P-totaal	mg/l	2,1	1,1	4,2
Onopgeloste bestanddelen	mg/l	298	143	654
Debiet per overstort	m ³ /overstort	6.626	28	51.694

3 Materiaal en methoden

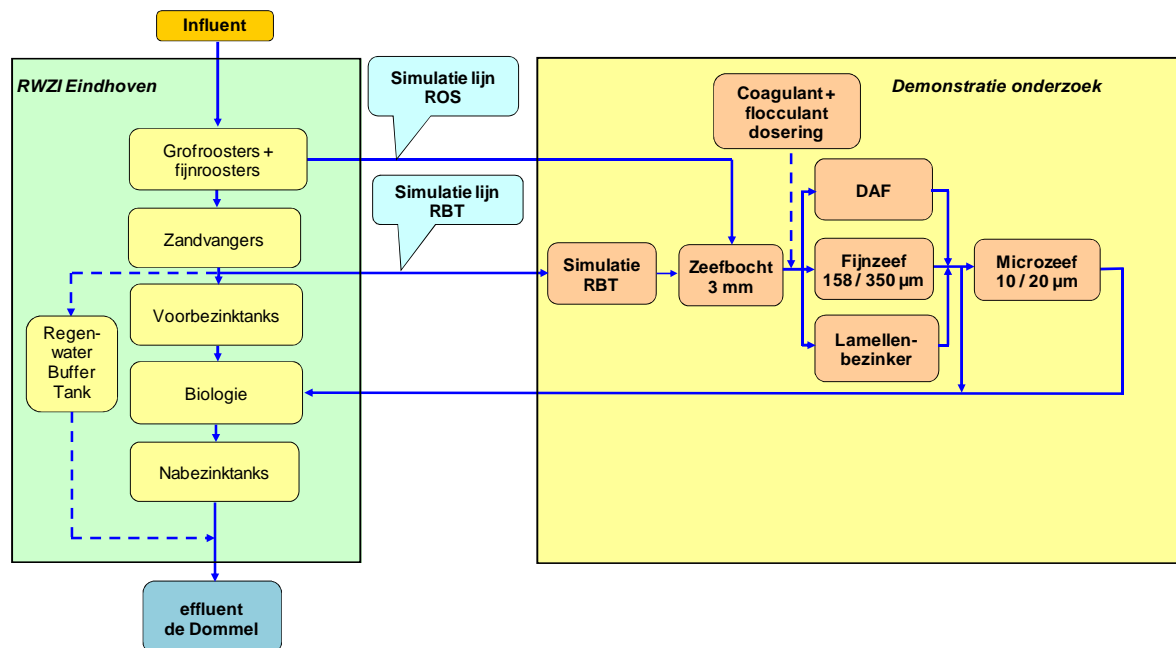
3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk is de keuze voor de onderzochte technieken en de gehele opzet en uitvoering van het pilotonderzoek op de RWZI Eindhoven beschreven.

3.2 Schematisatie proefonderzoek – plant layout

In figuur 3.1 is schematisch de opzet en het toevoersysteem voor simulatie van ROS- en RBT-water en de verschillende behandelroutes welke per pilotinstallatie zijn onderzocht weergegeven.

Figuur 3.1: Schematische weergave proefopzet en simulatiestromen

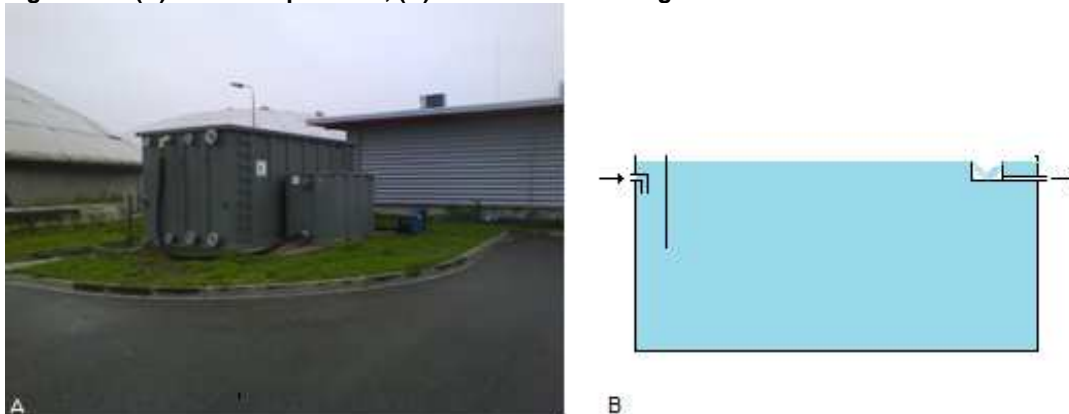


Riooloverstortwater (ROS) en overstortwater uit de regenwaterbuffertank (RBT) op de RWZI Eindhoven zijn alleen beschikbaar bij hevige regenval. Om continu te kunnen onderzoeken en daarmee onderzoeksdata te genereren zijn gedurende het pilotonderzoek beide afvalwaterstromen op de RWZI Eindhoven zo goed mogelijk gesimuleerd. Op deze wijze kan gedurende de gehele onderzoeksperiode gezocht worden naar de optimale instellingen en de limitaties in verwijderingsrendementen voor OB, BZV₅/CZV, P-totaal en N-organisch, bedrijfsvoering en toepasbaarheid van de geselecteerde technieken (paragraaf 3.5). Door te fractioneren op deeltjesgrootte worden de behaalde resultaten bij simulatie onder DWA en RWA vervolgens vergeleken met de praktijkwaarden van overstorten vanuit de riolering en RBT. De wijze van fractioneren is verder omschreven in paragraaf 3.6.5. Via deze methodiek is het onderzoek niet beperkt tot een klein aantal regendagen gedurende het gehele proefonderzoek.

3.3 Opzet simulatie afvalwaterstromen

Voor de simulatie van de afvalwaterstromen van ROS- en RBT-water is er gekozen voor de proefopzet zoals weergegeven in figuur 3.1. De RBT overstort is in het pilotonderzoek gesimuleerd via een bezinker welke als RBT functioneert (simRBT, zie figuur 3.2). Het oppervlak van de SimRBT is 15 m². Het afvalwater voor de simRBT is onttrokken na de zandvang, net als bij de RBT in de praktijk gebeurt. Het aanvoerdebiet is gevarieerd tussen 7 en 60 m³/uur, wat gelijk staat aan een oppervlaktebelasting van 0,5 tot 4 m/h.

Figuur 3.2: (A) simRBT op locatie, (B) schematische weergave SimRBT



Pilotonderzoek op een overstortlocatie heeft de volgende nadelen:

- Beperkte ruimte beschikbaar;
- Geen mogelijkheid tot omschakeling van de pilotinstallaties tussen de simulatie RBT en ROS lijn;
- Moeilijk te beheren, omdat de installaties op openbaar terrein staan;
- Minder faciliteiten beschikbaar;
- Beperkt aantal overstortdagen per jaar;

Om deze redenen is gekozen voor de simulatie van riooloverstortwater. Hiertoe is ruw influent onttrokken uit de influentkelder van de rioolstreng Eindhoven stad, direct na de grofroosters, omdat dit net als bij riooloverstorten onbehandeld rioolwater is. Om de aanvoerpompen naar de proefhal te beschermen is het ruwe influent onttrokken na de grofroosters

Vanwege de schaalgrootte van de pilotinstallaties is mechanische voorbehandeling van het ruwe afvalwater nodig om verstopping van de aanvoerpompen en het leidingwerk te voorkomen. Hiertoe is een zeefbocht (figuur 3.3) met een spleetgrootte van 3 mm geïnstalleerd welke grove delen > 3 mm in het afvalwater afvangt. De afscheiding van 3 mm had geen invloed op de samenstelling van het ruwe afvalwater tijdens de pilottesten. Indien een techniek in de praktijk op een riooloverstort toegepast wordt, is er altijd afscheiding van grote delen noodzakelijk om verstopping of beschadiging van apparatuur te voorkomen.

Figuur 3.3: zeefbocht bovenop de container met daarnaast de mengbuffer.



De mengbuffer is voorzien van een roerwerk om bezinking van deeltjes te voorkomen. Vanuit de mengbuffer zijn de verschillende pilotinstallaties van water voorzien.

Het eluaat of filtraat van de pilotinstallaties is gebufferd in buffertanks van c.a. 1,5 m³ voor het nemen van monsters en online troebelheid- en, waar van toepassing, P-ortho sensoren te plaatsen.

3.4 Definitie reguliere- en overstortsituaties

Om te bepalen wat invloed van regenwater is op de samenstelling van het influent, is achteraf, aan de hand van het influentdebiet, een classificatie gegeven aan het influent. Op deze wijze is een onderscheid gemaakt tussen DWA dagen en RWA dagen.

Initieel is er een classificatie gemaakt aan de hand van het aantal keer DWA (2 x DWA, 3 x DWA tot en met 6 x DWA). Om het aantal classificaties te verminderen is gekozen om te kiezen voor de volgende 2 classificaties:

- Reguliere situaties (tot 2,5 x DWA) waarbij:
 - de samenstelling nog overeen komt met de samenstelling van DWA;
 - procesonderdelen van de RWZI niet maximaal belast zijn;
- Overstort situaties (> 2,5 x DWA), situaties waarbij:
 - de biologische capaciteit (bijna) volledig benut is;
 - afvalwater naar de RBT gestuurd wordt;
 - de RBT overstort en opmenging met effluent van de RWZI Eindhoven plaatsvindt;
 - riooloverstorten in werking kunnen treden.

De daadwerkelijke samenstelling van het afvalwater, de mate van RWA, en wanneer riooloverstorten daadwerkelijk overstorten op het moment van onderzoeken hangt van vele variabelen af, namelijk:

- intensiteit van de regenbui;
- duur van de regenbui;
- locatie van de riooloverstort;
- bedrijfsvoering op de RWZI Eindhoven (is de maximale biologische capaciteit tijdelijk verlaagd, VBT's uit bedrijf etc.)

Om deze redenen is het niet mogelijk een riooloverstort of een RBT overstort exact te simuleren. Omdat overstorten op de RWZI of in het riool slechts een aantal keren per jaar plaatsvinden, is ervoor gekozen op DWA dagen te testen. Door te fractioneren wordt inzichtelijk gemaakt op welke deeltjesgrootte de verschillende pilotinstallaties af kunnen scheiden. Deze methode is in paragraaf 3.9.1 verder omschreven.

3.5 Selectie technieken

3.5.1 Systeemeisen voor verwijderingsrendementen

Op basis van voorlopige streefwaarden zijn benodigde verwijderingsrendementen per stofgroep opgesteld (zie tabel 3.1). Uiteindelijk is besloten de voorlopige streefwaarden niet op te nemen in de rapportage, omdat dit geen officiële eisen zijn. Doordat de streefwaarden zeer laag waren, is getracht technieken te selecteren die potentieel de hoogste verwijderingsrendementen kunnen behalen.

Tabel 3.1: benodigd gemiddeld verwijderingsrendement per stofgroep

Parameter	eenheid	Benodigd verwijderingsrendement zuiveringssysteem
Onopgeloste bestanddelen	%	> 97
N-totaal	%	> 65
NH4-N	%	> 29
N-organisch	%	> 75
P-totaal	%	> 86
BZV ₅	%	> 84

Vanuit tabel 3.1 valt op dat er zeer veel OB verwijderd moet worden. Het voordeel hiervan is dat een gedeelte van het fosfaat en stikstof dat gebonden is aan onopgeloste bestanddelen ook meteen verwijderd wordt bij verwijdering van OB. Op basis van kentallen waarbij 12,5 % van N-totaal en 32,5 % van P-totaal gerelateerd is aan OB (op basis van STOWA 2003-20 'Vergaande voorzuivering van afvalwater'⁴⁾, verschild per overstort) en dus via onopgeloste bestanddelen wordt verwijderd is er via andere technieken een aanvullend verwijderingsrendement van 50-60% voor stikstof en 30-80% voor fosfaat noodzakelijk. Een gedeelte van de stikstof en het fosfaat wordt samen met OB verwijderd. Een ander gedeelte van het fosfaat en stikstof is in opgeloste vorm in het overstortwater aanwezig voornamelijk in respectievelijk orthofosfaat en ammonium. Verwijdering van orthofosfaat zal via coagulatie met ijzer- of aluminiumzout moeten plaatsvinden. Ammonium is goed oplosbaar en lastig neer te slaan. Ammonium kan echter biologisch verwijderd worden, maar een biologische verwijdering aanleggen op een overstortlocatie die 10 – 15 keer per jaar overstort is niet mogelijk en niet kosteneffectief.

Er is gekozen om voor het pilotonderzoek de focus te leggen op verwijdering van onopgeloste bestanddelen (met en zonder toevoeging van een coagulant en flocculant) en de daaraan gekoppelde vervuilingparameters. Verwijdering van ammonium zal via de optimalisatie van de beluchtingstanks binnen de bestaande RWZI, of op een geheel andere wijze plaats moeten vinden.

Per techniek is een inschatting gemaakt van verwijderingsrendementen voor OB, welke weergegeven is in tabel 3.2. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen verwijdering met en zonder toevoeging van een coagulantdoserings.

Tabel 3.2: Inschatting per techniek van het verwijderingsrendement voor OB bij behandeling van overstortwater

Techniek	Zonder coagulantdosering verwijderingsrendement OB [%]	Met coagulantdosering verwijderingsrendement OB [%]
	DAF	50 - 80 %
Lamellenbezinker	40 - 70 %	80-90 %
Microzeef	50 - 80 %	80 - > 95 % ¹
Fijnzeef	50 - 70 %	80 - > 95 % ¹

¹ Afhankelijk van de poriediameter van het filtermateriaal, bij een kleinere maaswijdte zijn er meer filters nodig.

3.5.2 Randvoorwaarden en keuze technieken

Naast de bovenstaande verwijderingsrendementen op de genoemde verontreinigingen dienen de zuiveringstechnieken ook te voldoen aan een aantal andere randvoorwaarden voor de uiteindelijke toepassing op de RWZI of op een overstortlocatie. De geselecteerde technieken moeten om kunnen gaan met de volgende uitgangspunten:

- discontinuïteit overstorten (10-15 keer per jaar, soms maanden niet);
- hoge concentraties onopgeloste bestanddelen > 1000 mg/l bij start overstort;
- techniek snel operationeel < 5 minuten;
- robuuste techniek;
- op afstand bestuurbaar/controleerbaar, volautomatisch;
- volume reststroom zo geconcentreerd mogelijk;
- geen geur- en geluidsbelasting of belasting beheersbaar maken;
- laag energieverbruik.

Voor behandeling van riooloverstortwater bij een overstortlocatie zijn daarnaast nog enkele aanvullende voorwaarden gedefinieerd welke in het geval van overstortlocaties van nog groter belang zijn dan op de RWZI Eindhoven:

- kleine footprint & visueel inpasbaar (ondergronds);
- veilig & bestand tegen vandalisme;
- eenvoudig inpasbaar, aan te sluiten op bestaande riolering;
- geen chemicaliënopslag, en geen afname van werking hulpstoffen bij langere standtijd.

Het gebruik van chemicaliën is op de RWZI Eindhoven goed te organiseren, vanwege de aanwezigheid van faciliteiten en personeel. Op een overstortlocatie geven het werken met chemicaliën, het opslaan van chemicaliën en de houdbaarheid praktische problemen. Om deze reden is binnen het pilotonderzoek gezocht naar een oplossing met en zonder dosering van coagulant en polymeer door een tweetrapsfiltratie toe te passen.

In opdracht van de gemeente Eindhoven is een inventarisatie uitgevoerd naar de meest kansrijke technieken voor behandeling van riooloverstortwater^[2] en hieruit zijn de volgende 4 technieken als meest kansrijk geselecteerd:

- Dissolved air flotation (DAF); leverancier Nijhuis Water Technology;
- Lamellenbezinking, leverancier Facet;
- Fijnzeef (90-350 µm); leverancier BWA/Salsnes;
- Microzeef (10-50 µm); leverancier Hubert.

Een samenvatting van de onderbouwing is weergegeven in tabel 3.3.

Tabel 3.3: Indicatieve vergelijking zuiveringstechnieken voor behandeling overstortwater

Parameter	DAF	Lamellenbezinker	Microzeef	Fijnzeef
verwijdering stoffen				
grovere delen >3 mm	-	-	-	-
vet	++	+	-	-
zand	++	++	++	++
OB	++	+	++	++
opgelost CZV	0 ²	0 ²	0 ²	-
NH ₄ ⁺	-	-	-	-
fosfaat gebonden	++	+	+	-
Technologisch				
bestand tegen grote fluctuaties	0	+	0	+
korte opstarttijd	++	++	++	++
robuust/proven	+	++	+	+
chemicaliën/hulpstoffen	- ²	-	- ²	0
footprint	+	+/-	+	++
veiligheid	+	+	++	+
energiegebruik	0	0	0	0
praktijkervaring met overstortwater	0	+	+	0

[-] = niet geschikt **OF** 0 - 25 %
 [0] = matig geschikt **OF** 25 - 50 %
 [+] = geschikt **OF** 50 - 75 %
 [+ +] = goed geschikt **OF** 75 - 100 %
 [nb/n.v.t.] = niet bekend/niet van toepassing

¹ Extra voorbehandeling noodzakelijk.

² Indien ijzer of aluminiumzouten eventueel gecombineerd met flocculant worden gedoseerd voor verwijdering van orthofosfaat en colloïdaal CZV.

In eerste instantie was gekozen voor het Fuzzy Filter in plaats van de fijnzeef op basis van ervaringen opgedaan tijdens eerder verricht proefonderzoek op de RWZI Eindhoven, "Proefonderzoek met Fuzzy Filter op de RWZI Eindhoven"^[3].

Tijdens de voorbereiding van dit proefonderzoek is het STOWA rapport "Influent fijnzeven in RWZI's"^[1] gepubliceerd waarna een vergelijking is gemaakt tussen het Fuzzy Filter en de fijnzeef. Uiteindelijk is gekozen voor pilotonderzoek met de fijnzeef om de volgende redenen:

- De fijnzeef kan potentieel meer OB afvangen dan het Fuzzy filter en kan met toevoeging van coagulant en flocculant getest worden. Voldoende praktijkervaring ontbreekt echter, het verwijderingsrendement voor OB dient door onderzoek vastgesteld te worden;
- Het Fuzzy filter is een discontinu filter en zal bij hoge vervuiling vaak moeten spoelen. Hierdoor neemt de down time van het filter toe. Bij het proefonderzoek wordt ruw influent gefiltreerd dat een hogere OB-belasting heeft dan het eerder geteste afvalwater vanuit de afloop VBT. De frequentie van spoeling hangt af van het vuilbergend vermogen. De fijnzeef daarentegen is een continu filter. Het zeefgoed wordt in een aparte buffer opgeslagen en heeft geen negatief effect op het filtermedium. Het droge stofgehalte van het slib is eveneens vele malen hoger;
- De filtratiesnelheid van de fijnzeef is naar verwachting hoger dan de filtratiesnelheid van het Fuzzy filter. Dit zal in de praktijk betekenen dat de investeringskosten en onderhoudskosten gunstiger uit zullen vallen. Ook zal de footprint in dit geval kleiner zijn.

Bij de selectie van de vier technieken is gekeken naar behandelingstechnieken welke volgens verschillende principes werken, waarbij elke afzonderlijke techniek een sterk voordeel heeft ten opzichte van de andere. De fijnzeef kan een grote variatie in debiet behandelen, de DAF een grote variatie in vuilvracht en de lamellenbezinker die in een bergbezinkbassin wordt voorzien is een referentie voor de huidige voorbehandelingstechniek op een overstortlocatie. De microzeef is voornamelijk getest als behandelingstap voor het filtraat van de hiervoor genoemde technieken, om zo te onderzoeken of behandeling met enkel fysische zuivering van afvalwater mogelijk is, zonder dosering van chemicaliën.

In het geval van de fijnzeef is tevens een koppeling met het Direct Discharge Technology (DiDiT) project gemaakt. In dit project werken Grontmij, TU Delft, Brightwork, Waterschapsbedrijf Limburg en Hollands Noorderkwartier samen, waarbij de fijnzeeftechnologie wordt onderzocht als alternatief voor een bergingsbezinkbassin en als alternatief voor de regenwaterbuffers op een RWZI. Binnen het DiDiT-project wordt een model opgesteld om het principe van deeltjesverwijdering via een fijnzeef beter te begrijpen en aan de hand van karakterisatie van het overstortwater de prestaties qua rendement (zowel voor OB als andere componenten zoals stikstof en fosfaat) te kunnen voorspellen. Vanwege de grote overeenkomsten tussen het KALLISTO en het DiDiT project is het pilotonderzoek van DiDiT uitgevoerd met de fijnzeef-installatie op de RWZI Eindhoven. Van dit onderzoek wordt separaat een rapportage door het DiDiT-projectteam opgesteld.

3.5.3 Beschrijving technieken

3.5.3.1 Lamellenbezinker

De lamellenbezinker is een horizontaal doorstroomde aaneenschakeling van lamellenpakketten welke in een bergbezinkbassin wordt geplaatst. Het verwijderingsprincipe berust op bezinking van onopgeloste deeltjes en het opstijgen van vloeistoffen met een lager soortelijk gewicht dan dat van water. Voor optimale verwijdering dient er laminaire stroming plaats te vinden. Een lamellenbezinker wordt meestal geïntegreerd in een bergbezinkbassin waardoor met een kleiner oppervlak hetzelfde verwijderingsrendement voor OB kan worden gehaald.

Verder heeft een lamellenbezinker de volgende eigenschappen:

- Techniek wordt in de praktijk toegepast in bergbezinkbassins bij overstortlocaties in de riolering;
- Eenvoudig systeem zonder veel draaiende delen;
- Lage operationele kosten omdat er weinig mechanische delen gebruikt worden.

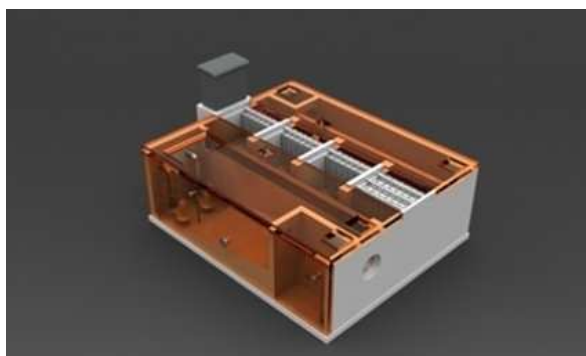
In tabel 3.4 zijn de specificaties weergegeven van de pilotinstallatie zoals deze is getest.

Tabel 3.4: Technische specificaties lamellenbezinker

Parameter	Eenheid	Waarde
Platenconfiguratie	-	$\frac{3}{4}'' + \frac{3}{4}'' + \frac{1}{2}''$
Debiet	m ³ /uur	0 – 30
Plaatoppervlak	m ²	52 – 66 ⁽¹⁾
Plaatbelasting	m/h	0 – 0,56
Oppervlak pilot	m ²	4,5
Reiniging	-	Aflaten
Aanstromingsrichting	-	Horizontaal
Chemicaliëndosering	-	Nee

(1) Plaatoppervlak is afhankelijk van het aanvoerdebiet. Bij een hoger debiet staan er meer platen onder water.

Figuur 3.4: overzicht van de pilotinstallatie lamellenbezinker (links) en lamellen geïntegreerd in een TAST2 bergbezinkbassin van FACET (rechts).

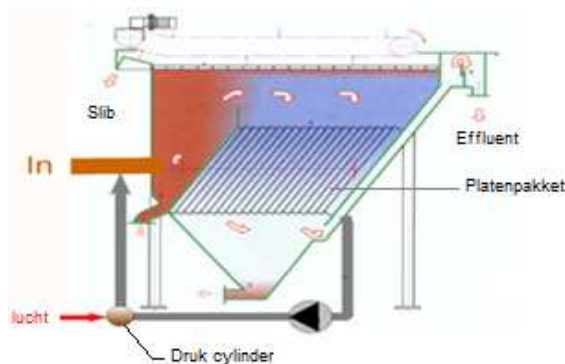


De pakketten van de pilotinstallatie zijn inwisselbaar voor varianten met verschillende plaatafstanden. De plaatafstanden beschikbaar zijn 3 cm, ¾ inch (1,9 cm) en ½ inch (1,3 cm). Het debiet van de pilotinstallatie was variabel instelbaar tussen de 0 - 30 m³/uur met behulp van een frequentie gestuurde pomp.

3.5.3.2 DAF

Dissolved Air Flotation (DAF) kenmerkt zich door microluchtbelletjes die vlak voor de inlaatconstructie van de DAF aan het water toegevoegd worden. In het beluchtingssysteem wordt een deel van het gereinigde water uit het flotatiesysteem samen met lucht onder 5 bar druk gebracht, hierbij lost de lucht op in water. Door in de beluchtingselementen de druk te reduceren naar 1 bar ontstaan microluchtbelletjes van 30 - 50 micron die zich snel aan de vuildeeltjes hechten en een maximale reinigingsgraad bewerkstelligen. Door de aanwezigheid van een parallel platenpakket is de stroomsnelheid laag waardoor een goede aanhechting van luchtbelletjes aan de vuildeeltjes plaatsvindt. De vuildeeltjes bewegen zich vervolgens omhoog langs de platen naar de oppervlakte en worden daar door een automatisch werkend schrapersysteem verwijderd.

Figuur 3.5: schematische weergave van DAF systeem (links) en DAF pilotinstallatie met voorgeschakelde pijpflocculator (rechts)



Dit systeem is op basis van de specificaties in tabel 3.5 geselecteerd voor het pilotonderzoek. De belangrijkste kenmerken zijn:

- Bij industriële toepassing zijn stabiele verwijderingsrendementen van 85-95% op onopgeloste bestanddelen mogelijk;
- Continue zuiveringstechniek zonder down time voor spoeling;
- Goed inzetbaar in combinatie met coagulatie en flocculatie;
- Inzetbaar in een brede range van vuilbelasting.

Tabel 3.5: Technische specificaties DAF

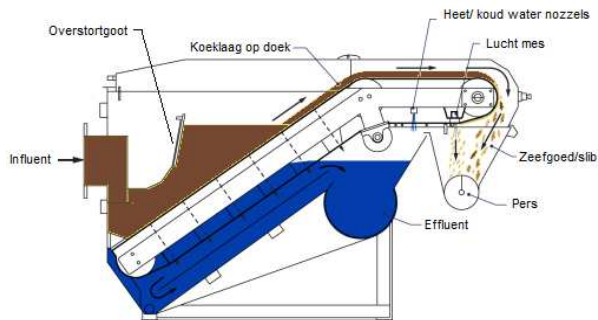
Parameter	Eenheid	Waarde
Debiet	m ³ /uur	0 – 7
Plaatoppervlak lamellenpakket	m ²	2,5
Hellingshoek lamellenpakket	°	45
Plaatafstand	cm	3
Plaatbelasting	m/h	0 – 2,8
Oppervlak pilot	m ²	2
Draintijd slib- en zanddrains	-	30 sec drainen per 30 min
Aanstromingsrichting	-	Verticaal van onder naar boven
Coagulatie/flocculatie	-	via een pijpflocculator

De DAF-pilotinstallatie met en zonder dosering van coagulant en flocculant is getest waarbij het debiet van de pilotinstallatie variabel instelbaar was tussen de 0 - 7 m³/uur met behulp van een frequentie gestuurde pomp. Coagulant en flocculant werden in de pijpflocculator gedoseerd op basis van het ingaande debiet.

3.5.3.3 Fijnzeef

De fijnzeef van Salsnes is een systeem dat in Noorwegen is ontwikkeld voor vergaande verwijdering van onopgeloste bestanddelen. Waternet heeft samen met STOWA^[1] een eerste onderzoek in Nederland op de RWZI Blaricum uitgevoerd waarbij de fijnzeef als alternatief voor de voorbezinktanks is getest.

Figuur 3.6: schematische weergave van Fijnzeef (links) en Fijnzeef pilotinstallatie met voorgeschakelde mengtanks (rechts)



Het afvalwater komt via de inlaat binnen. Vervolgens duikt het onder de overstortgoot door alvorens het boven het filterdoek uit komt. Door filtratie onder invloed van gravitatie vindt koekopbouw plaats. De koeklaag verkleint de effectieve maaswijdte van het filterdoek, waardoor een dynamische filtratie optreedt. De bandsnelheid wordt geregeld via het waterniveau. Als de koeklaag dikker wordt stijgt het waterniveau. Om hiervoor te compenseren wordt de bandsnelheid verhoogd zodat de dikte van de koeklaag min of meer constant blijft. Doordat het filterdoek een volledige omwenteling maakt, is de fijnzeef een continu filter. Doekreiniging vindt plaats op de volgende wijze:

- Perslucht, bij rotatie van de band vindt gelijktijdig reiniging via perslucht plaats;
- Koud water, periodieke spoeling;
- Warm water, vanuit de boiler spoelt de fijnzeef zich eens per 6 uur met warm water.

Het zeefgoed/ slib wordt via een pers ontwaterd.

Dit systeem is op basis van de specificaties in tabel 3.6 geselecteerd voor het pilotonderzoek de belangrijkste kenmerken zijn:

- Kan grote variatie in hydraulisch debiet verwerken;
- Continue techniek zonder downtime voor spoeling;
- Hoog droge stofgehalte van het slib (25-40%);
- Waarschijnlijk in riooloverstort in te bouwen;
- Kan eventueel ingezet worden als alternatief voor voorbezinktanks;
- Toepassing in combinatie met coagulatie en flocculatie lijkt kansrijk.

Tabel 3.6: Technische specificaties fijnzeef

Parameter	Eenheid	Waarde
Debiet	m ³ /uur	0 – 60
Maaswijdte filterdoek	µm	350 / 250 / 158
Hellingshoek filterdoek	m/h	35
Netto doekoppervlak	m ²	0,5
Doekbelasting	m/h	0 – 120
Oppervlak pilot	m ²	2,5 ⁽¹⁾
Spoelregime	-	Perslucht wanneer band draait Spoeling met koud water Eens per 6 uur spoeling met warm water
Aanstromingsrichting	-	Horizontaal
Coagulatie/flocculatie	-	via 2 mengtanks

(1) Enkel het oppervlak van de fijnzeef meegerekend, niet de blower, boiler en besturingskast

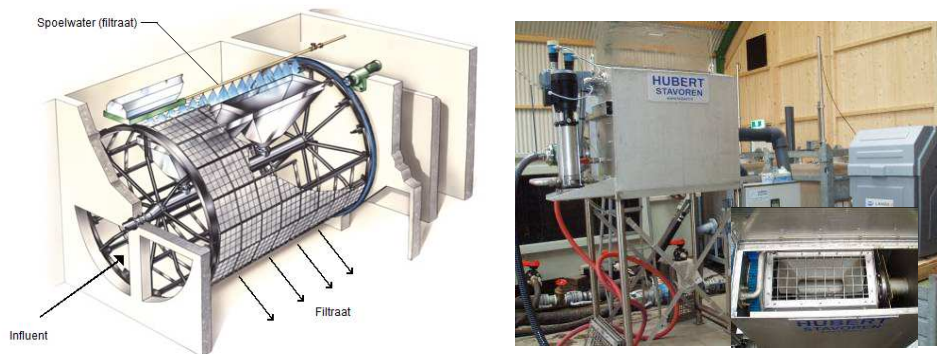
Het debiet van de pilotinstallatie was variabel instelbaar tussen de 10 - 60 m³/uur met behulp van een frequentie gestuurde pomp. Het gewenste waterniveau boven het zeefdoek was te sturen via het debiet in combinatie met de draaisnelheid van het zeefdoek. Met behulp van deze instellingen was het mogelijk om verschillende doekbelastingen toe te passen en de techniek aan te passen aan variërende hydraulische en/of vuilbelasting.

Het coagulant is gedoseerd in een coagulatietank met waar met behulp van een snel draaiend roerwerk menging plaatsvindt. Vervolgens is in een 2^e flocculatietank met een trager draaiend roerwerk polyelektrolyt gedoseerd waarna het afvalwater onder vrij verval naar de fijnzeef stroomt. De dosering van coagulant en polyelektrolyt vond plaats via pulsgestuurde pompen die gekoppeld zijn aan het debiet van de voedingspomp of doormiddel van een handmatige instelling.

3.5.3.4 Microzeef

De microzeef bestaat uit een ronddraaiende trommel met een filterdoek. De trommel wordt axiaal gevoed. Het water gaat tangentiaal door het doek naar de filtraatzijde en verlaat het filter via een overstort. Het doek wordt periodiek of continu gespoeld met het filtraat via nozzels aan de bovenkant van de trommel. De microzeef is tijdens het pilotonderzoek getest met filterdoeken met een maaswijdte van 10, 17 en 50 µm.

Figuur 3.7: schematische weergave van microzeef (links) en microzeef pilotinstallatie (rechts)



Dit systeem is op basis van de specificaties in tabel 3.7 geselecteerd voor het pilotonderzoek de belangrijkste kenmerken zijn:

- Absolute afscheiding door het filterdoek;
- Beproefde techniek voor verwijdering van lage concentraties OB;
- Als 2^e-traps filtratie in plaats van gebruik van chemicaliën;
- Eventueel ook toepasbaar als 1^e-traps filtratie.

Tabel 3.7: Technische specificaties microzeef

Parameter	Eenheid	Waarde
Debiet	m ³ /uur	0 – 10
Maaswijdte filterdoek	µm	50 / 20 / 10
Netto doekoppervlak	m ²	1
Doekbelasting	m/h	0 – 10
Oppervlak pilot	m ²	1,5
Spoelregime	-	Spoeling met filtraat microzeef op aangeven van niveausensor
Aanstromingsrichting	-	Horizontaal
Chemicaliëndosering	-	Nee, nageschakeld aan lamellenbezinker/fijnzeef

De voeding van de pilotinstallatie was variabel instelbaar van 1 - 10 m³/uur met behulp van een frequentie gestuurde pomp.

In figuur 3.8 is een overzichtsfoto van de proefhal inclusief pilotinstallaties weergegeven.

Figuur 3.8: Overzicht proefhal (links boven) met daarin de pilotinstallaties: Fijnzeef van BWA/Salsnes (rechts boven), microzeef van Hubert (rechts onder), DAF van Nijhuis Water Technology (midden onder) en de lamellenbezinker van Facet (links onder).



3.6 Bedrijfsvoering

De verschillende pilotinstallaties zijn 4 dagen per week gedurende 4,5 tot 6 uur per dag op pilotschaal getest. De duur van bedrijf is bepaald aan de hand van de gemiddelde duur van een overstort. De vijfde dag van de werkweek is gebruikt voor uitwerking en interpretatie van (analyse)gegevens en onderhoudswerkzaamheden. In de weekenden zijn de verschillende pilotinstallaties niet getest.

3.7 Hulpstoffen

Coagulant is bij het pilotonderzoek met de DAF-unit en de fijnzeef rechtstreeks gedoseerd uit een container van 1 m³ inhoud. Flocculant (poeder of vloeibaar) is aangemaakt in een polymeer aanmaakunit in een concentratie van 0,2% waarna het gedoseerd is aan de pilotinstallaties.

Aan de hand van onderzoek op labschaal is een keuze gemaakt voor het type polyelektrolyt. De resultaten van dit onderzoek zijn weergegeven in bijlage 1@. Als polyelektrolyt is gedurende 7 maanden het anionische product Nalco 71601 gebruikt. De laatste 4 maanden is het kationische product Brenntag CF 105 gebruikt om stevigere vlokken te maken om het verwijderingsrendement van de fijnzeef te verhogen.

Tijdens het pilotonderzoek is gestart met het gebruik van AlCl₃ als coagulant, omdat dit type coagulant op de RWZI Eindhoven werd gebruikt. Vanaf 15 juli 2011 (na ongeveer 6 maanden proefonderzoek) is de RWZI Eindhoven overgegaan op Al₂(SO₄)₃ met een Al concentratie van minimaal 30 g/l, waardoor ook het pilotonderzoek is overgegaan op het gebruik van Al₂(SO₄)₃ als coagulant.

3.8 Bemonstering en analyse

3.8.1 Monstername

Van het influent en eluaat of filtraat van de pilotinstallaties zijn verzamelmonsters op 2 manieren genomen:

- Automatisch met bemonsteringsapparatuur (Hach-lange Bühler 3010) 250 ml / 7 min;
- Handmatig 1000 ml / 30 min.

Naast verzamelmonsters zijn steekmonsters genomen om snel inzicht te krijgen in het effect van specifieke instellingen van de pilotinstallatie of om specifieke afvalwatersamenstellingen te analyseren. De influentmonsters voor alle pilotinstallaties zijn genomen uit een doorstroomvat. Een uitzondering hierop is de periode waarin de fijnzeef direct gevoed is vanuit de influentleiding, waardoor het doorstroomvat niet gevoed werd. In dit geval waren de influentmonsters boven het zeefdoek van de fijnzeef genomen. De filtraat- of eluaatmonsters van de pilotinstallaties zijn genomen uit de desbetreffende filtraatbuffers. Het doorstroomvat en de buffers zijn na iedere proefdag leeggelaten. Op de onderhoudsdagen zijn de buffers en het doorstroomvat gereinigd met bedrijfswater (gebroken drinkwater).

De monstername vindt plaats gedurende de hele looptijd van de pilotinstallatie en start 10 minuten nadat de pilotinstallatie is opgestart. De opstarttijd is benodigd om het doorstroomvat en de buffers te vullen. De influent- en eluaatmonsters van de simRBT zijn separaat en handmatig genomen.

3.8.2 Sneltesten

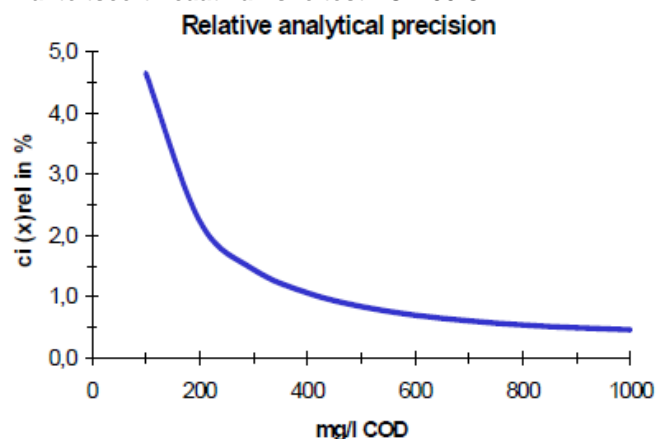
Dagelijks zijn de verzamelmonsters geanalyseerd met sneltesten afkomstig van Hach-lange. De testen gebruikt en het meetbereik hiervan is weergegeven in tabel 3.8.

Tabel 3.8: meetbereik gebruikte sneltesten

Naam sneltest	Meetbereik (mg/l)
LCI 400 CZV ISO 15705	0 – 1000
LCI 500 CZV ISO 15705	0 – 150
LCK 348 ortho&totaal fosfaat	0,5 – 5,0
LCK 349 ortho&totaal fosfaat	0,05 – 1,5
LCK 350 ortho&totaal fosfaat	2,0 – 20
LCK 138 LAtoN stikstof totaal	1,0 – 16
LCK 238 LAtoN stikstof totaal	5,0 – 40
LCK 303 Ammonium	2,0 – 47
LCK 339 Nitraat	0,23 – 13,5

De sneltesten hebben een nauwkeurigheid die afhankelijk is van de concentratie van de betreffende parameter. Naarmate de concentratie hoger in het bereik van de sneltest zit, stijgt de nauwkeurigheid van de analyse (zie figuur 3.9).

Figuur 3.9: onnauwkeurigheidpercentage t.o.v. concentratie, grafische weergave bijgeleverd bij het kwaliteitscertificaat van sneltest LCI 400 CZV.



Het gemiddelde betrouwbaarheidsinterval (95 %) van een LCI 400 CZV sneltest is circa 4,2 mg/l. De onnauwkeurigheid, uitgedrukt in percentages, is 4,5 % aflopend naar 1% naarmate de concentratie stijgt. De betrouwbaarheidsintervallen en de maximale en minimale onnauwkeurigheid voor de overige sneltesten zijn in tabel 3.9 weergegeven.

Tabel 3.9: betrouwbaarheidsinterval en onnauwkeurigheid sneltesten

Naam sneltest	Betrouwbaarheidsinterval 95% (mg/l)	Onnauwkeurigheid laag-hoog (%)
LCI 500 CZV ISO 15705	+/- 1,9	13 - 2,8
LCK 348 ortho & totaal fosfaat	+/- 0,045	10 - 2
LCK 349 ortho & totaal fosfaat	+/- 0,010	7 - 1,5
LCK 350 ortho & totaal fosfaat	+/- 0,221	12 - 1,5
LCK 138 LAtoN stikstof totaal	+/- 0,17	13 - 2,5
LCK 238 LAtoN stikstof totaal	+/- 0,87	24 - 5
LCK 303 Ammonium	+/- 0,8	15 - 3
LCK 339 Nitraat	+/- 0,45	8 - 1,5

3.8.3 Laboratorium analyses

De verzamelmonsters zijn geanalyseerd door het laboratorium Aquon. Periodiek zijn er droge stof- en gloeirestbepalingen op de slibstromen van de DAF unit en fijnzeef uitgevoerd. Aan het einde van de onderzoeksperiode zijn voor de lamellenbezinker, DAF unit en fijnzeef BZV₅ analyses uitgevoerd. Ter controle van de uitkomsten van de sneltesten zijn, gedurende de laatste maanden van het onderzoek, de parameters CZV, P-totaal, PO₄, N-totaal, NH₄-N, NO_x en N-Kjeldahl geanalyseerd.

Tabel 3.10: analyses uitgevoerd door Aquon met het onnauwkeurigheid percentage

Parameter	Norm	Methode	Onnauwkeurigheid %
Onopgeloste bestanddelen	NEN 6621	Gravimetrie	20
CZV totaal	NEN en ISO 15705	Kuvettentest	9
BZV ₅	NEN-EN 1899-1	Elektrochemie	10
Kjeldahl stikstof	NEN 6646	Fotometrie CFA	15
Ammonium	NEN en ISO 11732	Fotometrie discrete analyser	13
Totaal fosfaat	NEN en ISO 15681-2	Fotometrie CFA	11
Ortho-fosfaat	NEN en ISO 15681-2	Fotometrie discrete analyser	11
Nitraat + Nitriet	NEN 6604	Fotometrie discrete analyser	11
Droge stofgehalte slib	NEN-EN 12880	Gravimetrie	1
Gloeirest slib	NEN-EN 12879	Gravimetrie	6

3.8.4 On-line metingen

Naast de analyses op verzamelmonsters zijn de aanvoer en het filtraat/eluaat van de pilotinstallaties voorzien van on-line meetapparatuur (Hach-lange). De onderstaande tabel geeft de toegepaste on-line sensoren weer.

Tabel 3.11: overzicht van sensoren meetlocatie en frequentie

Naam en type sensor	Locatie(s)	Meet frequentie
Solitax troebelheid sensor	Doorstroom vat, filtraat/eluaat buffers technieken	Continue (log 1x / min)
Phosphax PO ₄ -P analysers	Aanvoer vat, eluaat buffer DAF of filtraatbuffer Fijnzeef	Om de 10 minuten
pH en temperatuur sensor	Doorstroom vat	Continue (log 1x / min)
Zuurstofsensor	Handmeting	Steekproefsgewijs op eluaat DAF

De online sensoren geven directe informatie over de verwijdering van troebelheid en PO₄-P van de pilotinstallaties. De dosering van coagulant is gedurende het onderzoek handmatig aangepast op basis van Me:PO₄-P verhouding van het influent. De PO₄-P meting in het filtraat/eluaat is een indicatie of de coagulatie voldoende is, afhankelijk van de gekozen Me:PO₄-P verhouding.

3.9 Methode van fractionering, datavalidatie en dataverwerking

3.9.1 Fractionering

Naast de analyses van de ruwe verzamelmonsters zijn ook fractioneringen uitgevoerd. Door fractioneringen wordt inzicht verkregen in de hoeveelheid onopgeloste delen die daadwerkelijk zijn verwijderd door de afzonderlijke installaties, waar interpretaties van enkel de totale verwijderingsrendementen een vertekend beeld kunnen geven. Deeltjes kleiner dan <10 µm worden in dit onderzoek gezien als ultrafijne of colloïdale deeltjes of het opgeloste deel van de verontreiniging.

De verzamelmonsters zijn één maal per week gefractioneerd. Door het ruwe verzamelmonster te zeven is inzicht verkregen in de hoeveelheid OB, CZV en P-totaal dat gekoppeld is aan een bepaalde deeltjesgrootte van OB. Hierbij is telkens de totale hoeveelheid van iedere vervuilingparameter bepaald van het ruwe verzamelmonster en na iedere zeving. Door vervolgens, bijvoorbeeld de totale hoeveelheid CZV van het monster na 100 µm zeving van de totale hoeveelheid CZV van het ruwe monster af te trekken, is de hoeveelheid CZV gekoppeld aan deeltjes > 100 µm inzichtelijk gemaakt.

Op deze wijze is inzicht verkregen van de hoeveelheid OB, CZV en P-totaal in de volgende fracties:

- Deeltjes > 100 µm (100 µm RVS zeef);
- Deeltjes tussen 100 – 45 µm (45 µm RVS zeef);
- Deeltjes tussen 45 – 20 µm (20 µm RVS zeef);
- Deeltjes tussen 20 – 10 µm (of < 20 µm in het geval van OB) (10 µm vouwfilter);
- Deeltjes tussen 10 – 0,45 µm (0,45 opzet filter en injectiespuit);
- Deeltjes < 0,45 µm.

Van de grove filtraten (na 100, 45 en 20 µm) zijn monsters genomen voor analyse van OB door het laboratorium en voor de sneltesten (+/- 1 liter). De filtraten na 10 µm en 0,45 µm zijn enkel gebruikt voor analyse door middel van sneltesten op CZV en P-totaal.

Met behulp van de fractionering is inzicht verkregen in:

- De verhouding van verschillende parameters ten opzichte van elkaar (bijvoorbeeld de hoeveelheid CZV dat gekoppeld is aan OB);
- De samenstelling van simulatiestromen ten opzichte van de praktijk;
- De verwijderingsefficiëntie van een techniek op bepaalde fracties.

3.9.2 Datavalidatie

De meetdata zijn tijdens interpretatie van analysegegevens en de online meetdata gevalideerd. Voor het afkeuren van meetdata zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- perioden waarbij een installatie niet goed functioneert of buiten bedrijf is gesteld;
- als verwijdering per parameter van deeltjes $> 10 \mu\text{m}$ ver uiteen lopen met verwijdering van de totale verwijdering van dezelfde parameter (met name zonder gebruik van chemicaliën);
- onlogische verbanden voor stikstof (NH_4 of NO_x kunnen niet hoger zijn dan N-totaal of N-Kj);
- onlogische verbanden voor fosfor (PO_4 kan niet hoger zijn dan P-totaal);
- onlogische verbanden voor CZV en BZV_5 (BZV_5/CZV verhouding kan niet groter dan 1 zijn);
- te grote onverklaarbare uitschieters ten opzichte van de nominale waarden.

In deze gevallen zijn alle analyses van een techniek per dag niet meegenomen in de uitwerking van de data in grafieken en tabellen.

4 Resultaten

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zijn de resultaten van de simulatiestromen en ruw overstortwater weergegeven, waarna de resultaten van de 4 onderzochte technieken zijn uitgewerkt. Per techniek zijn:

- de resultaten van de verschillende zuiveringstechnieken uitgewerkt met bijbehorende verwijderingsrendementen voor OB, troebelheid, CZV, fosfaat en stikstof. Hierbij is onderscheid gemaakt in de instellingen (met en zonder gebruik van coagulatie en/of flocculatie) en omstandigheden (regulier en overstort).
- bij sommige technieken de slib- en centraatsamenstelling en zuurstofopname gemeten.
- relevante zaken tijdens de bedrijfsvoering benoemd.

De vergelijking van de resultaten tussen de technieken onderling is uitgewerkt in hoofdstuk 5.

4.2 Simulatie afvalwaterstromen

Overstorten vanuit de riolering rechtstreeks naar de Dommel en van de RBT op de RWZI Eindhoven komen in de praktijk ongeveer 10 tot 15 keer per jaar voor. Zoals in paragraaf 2.6.3 is beschreven zijn deze overstorten uit het riool en de RBT gesimuleerd. Het is daarom relevant om de gesimuleerde afvalwaterstromen te vergelijken met de daadwerkelijke afvalwaterstromen om te bepalen of de totale range van verschillende deeltjesfracties (deeltjesconcentratie is daarbij van minder belang) in beide stromen overeenkomen zodat een vertaling mogelijk is waarbij ingeschat kan worden of een techniek een bepaalde deeltjesfractie uit riooloverstortwater kan verwijderen. Vergelijking op basis van verwijdering in deeltjesfracties zijn weergegeven in paragrafen 5.4.1 en 5.4.2.

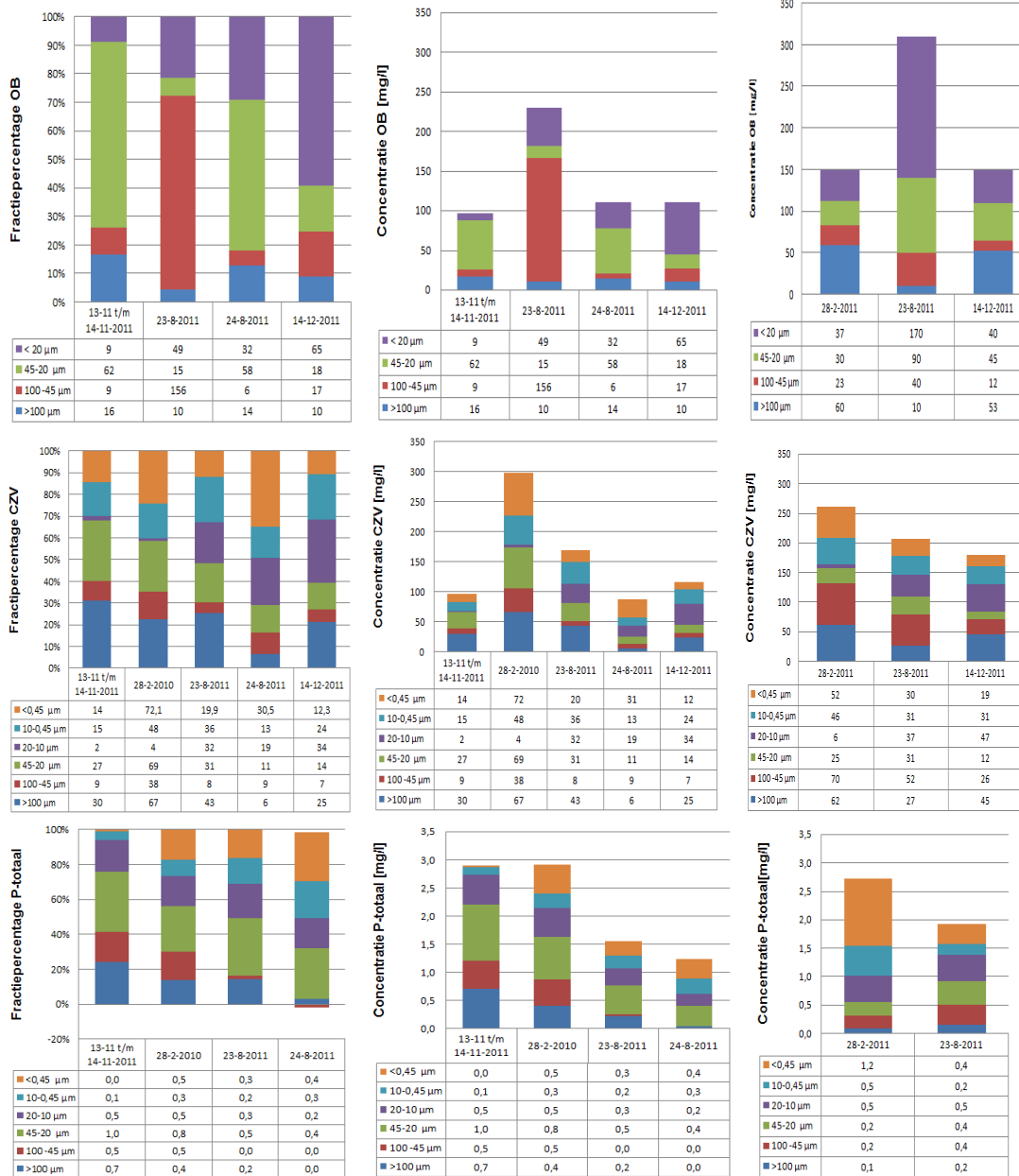
4.2.1 Riooloverstortwater

De representativiteit van de gesimuleerde riooloverstorten is getoetst door de samenstelling van de riooloverstorten van de Vincent v/d Heuvellaan te vergelijken met de samenstelling van de simulatie ROS-lijn (ruw influent).

4.2.1.1 Resultaten:

In figuur 4.1 zijn fractioneringen weergegeven van verschillende parameters tijdens een overstortsituatie bij de riooloverstort VvdH. Tevens zijn fractioneringen weergegeven van watermonsters van de simulatie ROS lijn welke op hetzelfde tijdstip zijn genomen bij de riooloverstort VvdH. De resultaten van de riooloverstort VvdH zijn in figuur 4.1 weergegeven met absolute waarden en als percentages, om op deze wijze een goed beeld te verkrijgen van de verschillen in de deeltjesfractieverdeling.

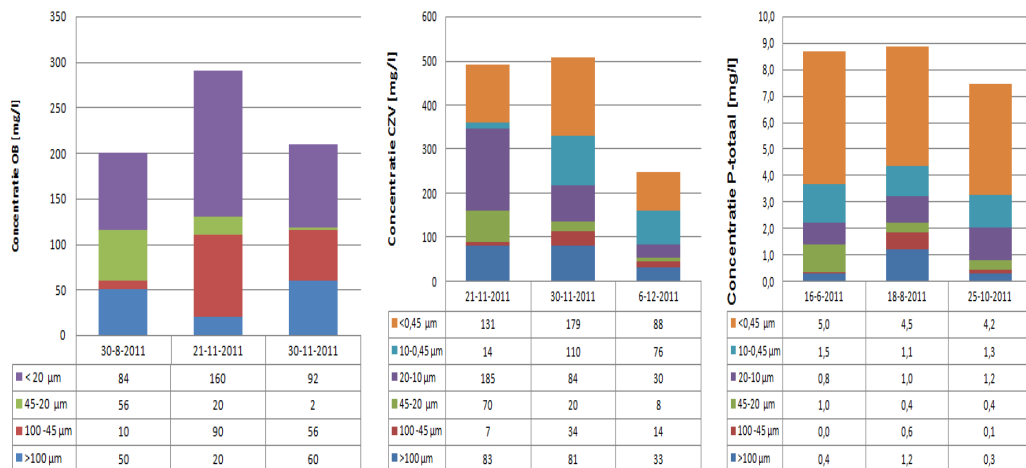
Figuur 4.1: fractioneringen OB, CZV en P-totaal VvdH (links) en sim ROS lijn (rechts) bij overstortsituaties



Uit de fractioneringen van VvdH en sim ROS zoals weergegeven in figuur 4.1 blijkt dat:

- de totale range van verschillende deeltjesfracties in beide waterstromen is aanwezig zodat de verwijdering van bepaalde deeltjesfractie uit de simulatielijn riooloverstort kan worden vertaald naar riooloverstortwater;
- de fractieopbouw en totaalconcentratie OB, CZV en P-totaal per overstort varieert tussen iedere afzonderlijke overstort. Hierdoor is een gemiddelde concentratie en fractie opbouw voor riool overstortwater niet aan te geven.

Figuur 4.2: fractioneringen OB, CZV en P-totaal sim ROS lijn bij reguliere omstandigheden



Figuur 4.2 toont drie fractioneringen van de simROS lijn bij reguliere omstandigheden voor OB, CZV en P-totaal. De fractioneringen van 30-8-2011 en 30-11-2011 voor OB, de fractioneringen van 21-11-2011 en 30-11-2011 voor CZV en alle fractioneringen voor P-totaal zijn representatief voor de gemiddelde waarden die zijn gemeten gedurende de proefperiode onder reguliere omstandigheden. De concentratie totaal OB van de fractionering van 21-11-2011 komt overeen met de waarde van de fractionering van de sim ROS lijn van 23-8-2011.

De concentratie totaal CZV van fractionering 6-12-2011 komt overeen met de fractioneringen van de sim ROS lijn bij overstortsituaties

Uit de grafieken in 4.2 blijkt dat:

- net als bij de fractioneringen die zijn weergegeven in figuren 3.1 de fractieopbouw per dag verschilt;
- de waarden voor met name CZV en P-totaal onder reguliere situaties hoger zijn dan gedurende overstortsituaties;
- de waarden voor OB zijn bij reguliere situaties een fractie hoger dan bij overstortsituaties. Het verschil tussen OB-concentraties bij reguliere- en overstortsituaties is relatief kleiner dan voor de CZV- en P-totaalconcentraties;
- bij vergelijking van de fractionering van 6-12-2011 voor CZV met de fractioneringen van de sim ROS lijn bij overstortsituaties opvalt dat met name de verhouding CZV < 10 µm een discrepantie oplevert ten opzichte van overstortsituaties;
de gemiddelde concentratie P-totaal bij reguliere omstandigheden een factor 3-4 hoger is dan bij overstortsituaties.

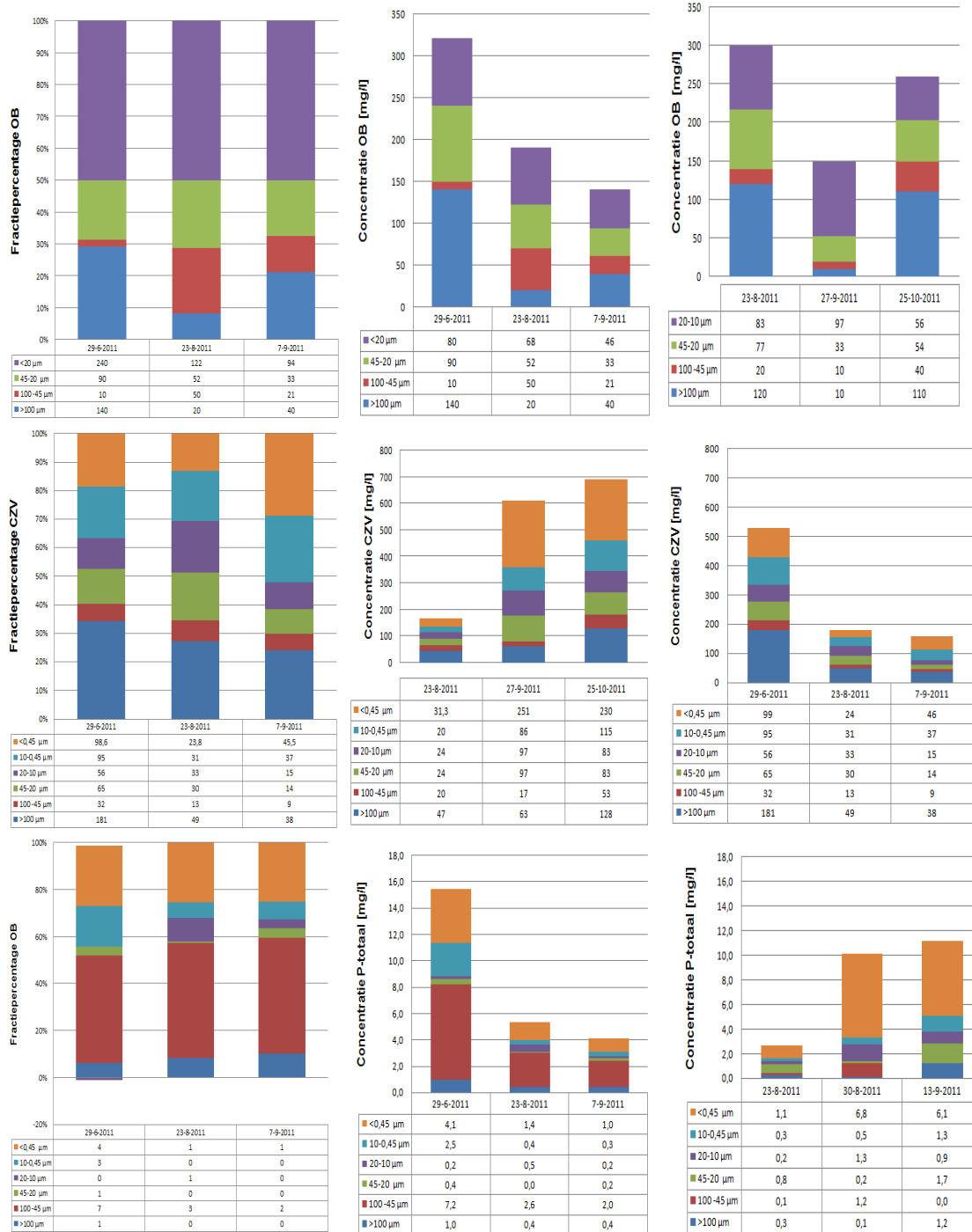
4.2.2 Overstortwater RBT RWZI Eindhoven

De representativiteit van de gesimuleerde riooloverstorten is getoetst door de samenstelling van overstort water vanuit de RBT in de praktijk te vergelijken met de samenstelling van de aanvoer van de technieken vanuit de simulatie RBT lijn.

4.2.2.1 Resultaten

In figuur 4.3 zijn fractioneringen weergegeven waarbij de RBT is overgestort. Naast deze fractioneringen zijn fractioneringen opgesteld van aanvoer simulatie RBT lijn. De resultaten van de RBT zijn in figuur 4.3 weergegeven met absolute waarden en als percentages, om op deze wijze een goed beeld te verkrijgen van de verschillen in de deeltjesfractieverdeling.

Figuur 4.3: fractioneringen OB RBT (links) en simRBT lijn (rechts)



Op 23-8-2011 zijn de RBT en simRBT gelijktijdig bemonsterd tijdens een overstortsituatie en hiervan is een fractionering uitgevoerd voor OB, CZV en P-totaal. De metingen van 27-9-2011 en 25-10-2011 zijn genomen voor OB en CZV van de simRBT en de metingen van 30-8-2011 en 13-9-2011 voor P-totaal van de simRBT onder reguliere omstandigheden.

Uit de resultaten in figuur 4.3 is op te maken dat:

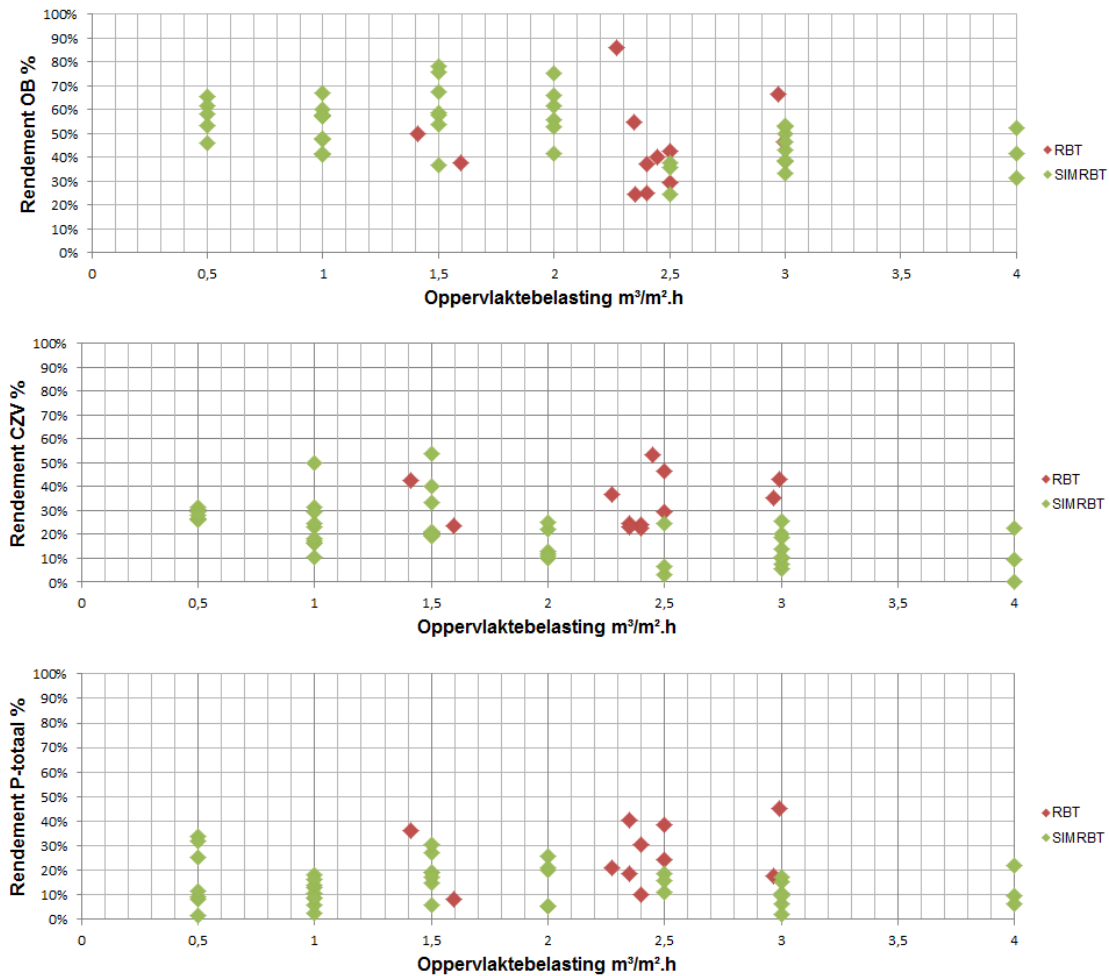
- zowel de fractieopbouw als de totaal concentratie voor OB en P-totaal van de RBT niet overeen komt met de sim RBT op 23-8-2011;
- voor CZV de fractionering op 23-8-2011 redelijk goed overeen komt op basis van fractieopbouw en totaalconcentratie;
- fractioneringen gedurende reguliere situaties niet vergelijkbaar zijn met overstortsituaties op basis van fractieopbouw en totaalconcentratie.

Gedurende de eerste maanden van het onderzoek is getest met afvalwater vanuit de simulatie RBT als voedingswater voor de verschillende pilotinstallaties. Door bezinking is de concentratie van de deeltjes > 45 μm in de afloop van de simulatie RBT zo laag dat nageschakelde pilotinstallaties zonder toevoeging van coagulant en flocculant weinig extra rendement halen op OB, CZV en P-totaal. Er is daarom gedurende het onderzoek besloten om de simulatie RBT lijn enkel te gebruiken om de RBT te simuleren bij verschillende oppervlaktebelastingen.

4.2.3 Rendementen simulatietank in vergelijking met RBT

In figuur 4.4 is de oppervlaktebelasting van de RBT en simRBT naast elkaar uitgezet tegen het rendement van de RBT en de simRBT. Voor de sim RBT zijn met name metingen verricht onder DWA omstandigheden. Voor de RBT geldt dat de metingen enkel met daadwerkelijke RBT overstorten zijn genomen.

Figuur 4.4: oppervlaktebelasting RBT en sim RBT uitgezet tegen rendement OB, CZV en P-totaal



Uit de resultaten weergegeven in de bovenstaande figuur blijkt dat:

- de sim RBT en de RBT vergelijkbare rendementen op OB halen bij gelijke oppervlaktebelastingen. Het rendement op OB van de sim RBT neemt vanaf 2 m/h geleidelijk af;
- de sim RBT en de RBT vergelijkbare rendementen op CZV laten zien bij een oppervlaktebelasting van 1,5 m/h. Bij oppervlaktebelastingen hoger dan 2,5 m/h is het rendement op CZV van de RBT hoger dan van de simRBT;
- de sim RBT en de RBT vergelijkbare rendementen op P-totaal halen bij een oppervlaktebelasting van 1,5 m/h. Bij oppervlaktebelastingen hoger dan 2,5 m/h is het rendement op P-totaal van de RBT hoger dan de simRBT. Er is geen duidelijke afname van het rendement op P-totaal waarneembaar bij een oplopende oppervlaktebelasting.

4.3 Lamellenbezinker

4.3.1 Onderzoekperioden met gebruikte procesinstellingen

In tabel 4.1 zijn de instellingen weergegeven voor simROS. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen configuraties waarin de lamellenpakketten geschakeld zijn en voedingsomstandigheden (regulier en overstortsituaties). Er is geen coagulatie en flocculatie toegepast op de lamellenbezinker.

Tabel 4.1: onderzoekperioden lamellenbezinker op simulatie ROS lijn

Periode	Regulier of overstort	Pakket configuratie	Plaat-belasting	Oppervlakte belasting
		instelling	m/h	m/h
1	Regulier	3cm + 3cm +3/4"+3/4"	0,19 - 0,46	4,5 –12,4
2	Regulier	3cm + 3cm +1/2"+1/2"	0,16 – 0,34	4,5 – 11,3
3	Regulier	3cm + 3cm	0,30 – 1,11	4,5 – 9,0
4	Overstort	3cm + 3cm +3/4"+3/4"	0,21 – 0,38	4,5 – 9,0
5	Overstort	3cm + 3cm +1/2"+1/2"	0,16 - 0,30	4,5 - 9,0
6	Overstort	3cm + 3cm	0,30 – 1,25	2,3 – 13,6

In tabel 4.2 is de effectieve plaatoppervlakte per configuratie en aanvoerdebiet weergegeven. Wanneer het debiet toeneemt, neemt het aantal platen dat onder water staat toe.

Tabel 4.2: effectieve plaatoppervlakte bij diverse configuraties en aanvoerdebiet

configuratie	effectief plaatopp bij 5 m ³ /h	effectief plaatopp bij 10 m ³ /h	effectief plaatopp bij 15 m ³ /h	effectief plaatopp bij 20 m ³ /h	effectief plaatopp bij 30 m ³ /h
	m2	m2	m2	m2	m2
3cm + 3cm + 3/4" + 3/4"	47	48,3	48,7	53,3	62,4
3cm + 3 cm	16,8	16,8	16,8	18,0	24,0
3cm + 3cm + 1/2" + 1/2"	61	61,1	64,4	66,7	78,7

4.3.2 Bedrijfsvoering

Pakketconfiguratie 3/4" + 3/4" + 1/2"

In de eerste fase van het onderzoek is gestreefd naar een stabiele procesvoering. Na 3 weken testen bleek de belasting onder DWA-omstandigheden te hoog. Hierbij is doorslag van OB naar de filtraattank geconstateerd. Door vervuiling (afbeelding 4.5 links) moeten de pakketten 1 tot 2 keer per week gereinigd worden (dit komt overeen met 2 tot 4 overstorten van het riool) en daarbij worden de pakketten onvoldoende schoon.

Figuur 4.5: vervuiling lamellenpakketten (links), vervuiling in lamellenpakketten na aflaten proefinstallatie (rechts)

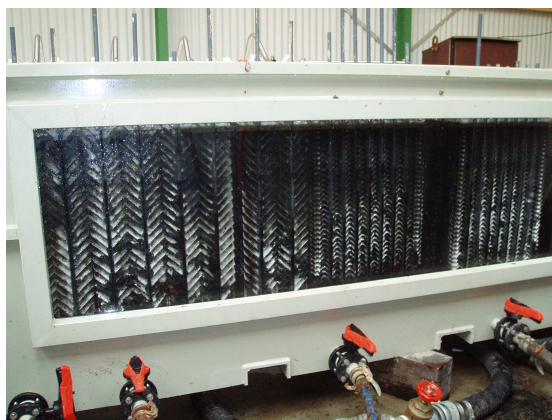


Het aflaten van de proefinstallatie is onvoldoende voor zelfreiniging van de lamellenpakketten (zie afbeelding 4.5 rechts). De reinigingsfrequentie voor deze pakketconfiguratie is te hoog om in de praktijksituatie toe te passen. Vanwege het structureel verstopen van de lamellenpakketten door slib zijn de resultaten van deze pakketconfiguratie niet verder in de resultaatverwerking opgenomen.

Pakketconfiguratie 3 cm + 3 cm + $\frac{3}{4}$ " + $\frac{3}{4}$ "

Het bedrijf Facet International heeft op verzoek van Waterschap de Dommel nieuwe pakketten gefabriceerd met een plaatafstand van 3 cm. Hierbij is de plaatafstand van de eerste 2 pakketten vergroot en er is een 4^e lamellenpakket toegevoegd aan de proefinstallatie (figuur 4.6). Hiermee is de reiniging van de pakketten verbeterd. De installatie wordt na iedere proefdag afgelaten en wordt eens per 8 weken geheel gereinigd. Dit komt overeen met 32 riooloverstorten. Na de genoemde aanpassingen zijn er geen verstoppingen meer geconstateerd en is geen doorslag van OB naar de filtraattank waargenomen.

Figuur 4.6: configuratie met 4 lamellenpakketten



Pakketconfiguratie 3 cm + 3 cm + $\frac{1}{2}$ " + $\frac{1}{2}$ "

Gedurende de maand september 2011 is er getest met de pakketconfiguratie 3 cm + 3 cm + $\frac{1}{2}$ " + $\frac{1}{2}$ ". Hierbij is na afloop van iedere testdag de proefinstallatie afgelaten en droog weggezet, net als in de praktijk gebeurt. Door het droog wegzetten, droogt achtergebleven slib op, wat resulteert in een hogere frequentie van reiniging ten opzichte van het nat wegzetten van de pakketten. Vanwege het uitblijven van verbeterde resultaten ten opzichte van het pakket met configuratie 3 cm + 3 cm + $\frac{3}{4}$ " + $\frac{3}{4}$ " is er niet verder getest met het 3 cm + 3 cm + $\frac{1}{2}$ " + $\frac{1}{2}$ " pakket.

Pakketconfiguratie 3 cm + 3 cm

Bij de configuratie 3 cm + 3 cm zijn er 2 van de 4 lamellenpakketten verwijderd en is gebruik gemaakt van een lager aanvoerdebiet om de proefinstallatie op een acceptabele plaatbelasting te testen. De pakketten zijn eens per 8 weken preventief gereinigd en deze reinigingsfrequentie is bij deze configuratie geen probleem. Bij het leeglaten van de proefopstelling wordt het grootste gedeelte van de vervuiling verwijderd. Bij deze configuratie leverde het droog wegzetten van de lamellenpakketten geen verstoppingsproblemen op zoals bij de voorgaande pakketconfiguraties (3 cm + 3 cm + $\frac{3}{4}$ " + $\frac{3}{4}$ " en 3 cm + 3 cm + $\frac{1}{2}$ " + $\frac{1}{2}$ ")

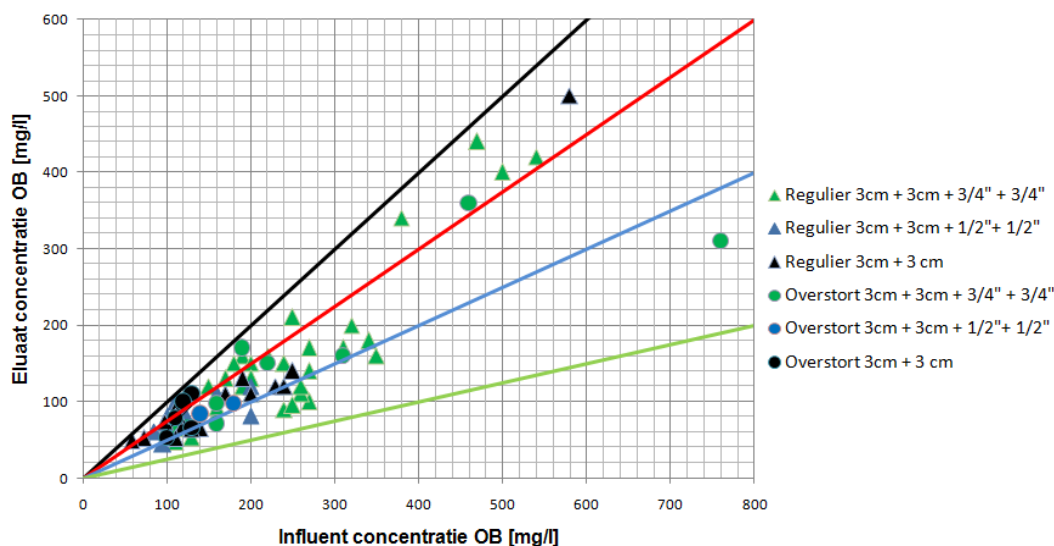
4.3.3 Verwijdering onopgeloste bestanddelen

Tabel 4.3: influent en eluaatconcentraties en rendementen op OB van de lamellenbezinker per onderzoeksperiode

Periode	Instellingen	Aantal metingen	OB influent gemiddeld [mg/l]	OB eluaat gemiddeld [mg/l]	Rendement OB gemiddeld [%]
1	Regulier 3 cm + 3 cm + $\frac{3}{4}$ " + $\frac{3}{4}$ "	38	242 [110-540]	155 [47 – 440]	37 [6-63]
2	Regulier 3 cm + 3 cm + $\frac{1}{2}$ " + $\frac{1}{2}$ "	10	134 [85 – 200]	78 [45 – 120]	33 [9 – 59]
3	Regulier 3 cm + 3 cm	16	176 [58 – 580]	114 [49 – 500]	36 [14 – 54]
4	Overstort 3 cm + 3 cm + $\frac{3}{4}$ " + $\frac{3}{4}$ "	7	323 [160 – 760]	188 [71 – 360]	38 [11 – 59]
5	Overstort 3 cm + 3 cm + $\frac{1}{2}$ " + $\frac{1}{2}$ "	2	160 [140 – 180]	91 [84 – 97]	43 [40 – 46]
6	Overstort 3 cm + 3 cm	5	118 [100 – 130]	81 [53 – 110]	31 [15 – 49]

Figuur 4.7 geeft de ingaande en uitgaande concentraties OB weer van de lamellenbezinker. De plaats van de datapunten tussen de gekleurde lijnen geeft een indicatie van het rendement.

Figuur 4.7: OB verwijdering ROS lijn lamellenbezinker — = 0% verwijdering — = 25% verwijdering
— = 50% verwijdering — = 75% verwijdering

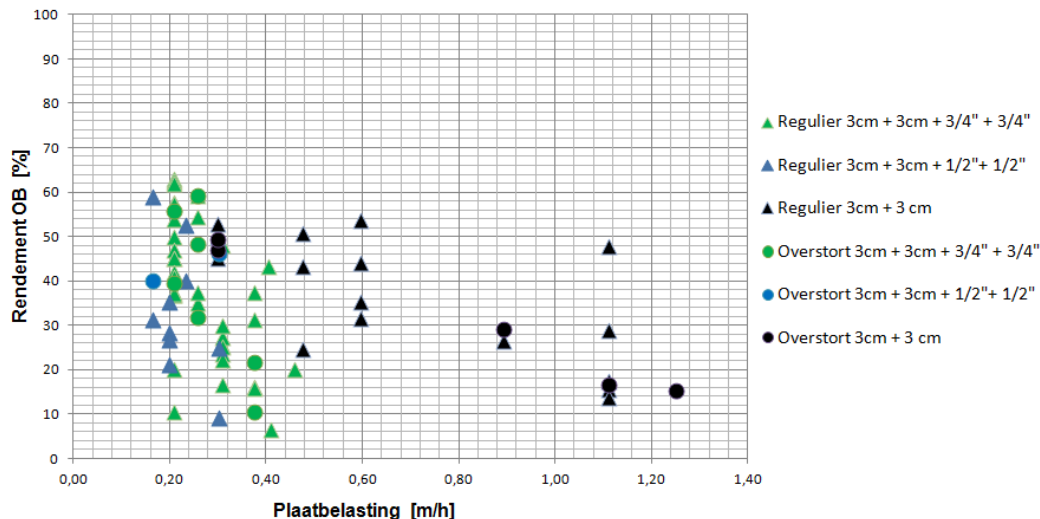


Uit de resultaten van OB bij lamellen bezinking voor de verschillende pakketconfiguraties blijkt dat:

- de spreiding in ingaande OB concentraties groot is en varieert tussen de 58 en 760 mg/l;
- de variatie in verwijderingsrendement met 6-63% groot is;
- de gemiddelde OB-verwijdering per pakketconfiguratie redelijk gelijk is met waarden tussen de 31-43% en er nauwelijks verschil is tussen de testperioden voor reguliere en voor overstortsituaties;

- de gemiddelde rendementen voor overstortsituaties ongeveer vergelijkbaar zijn. Onderlinge verschillen zijn te verklaren door het lage aantal metingen die bij RWA zijn verricht;
- de gemiddelde eluaatconcentratie van pakketconfiguratie 3cm + 3cm + 1/2" + 1/2" gedurende de testperiode stabiel lager is dan van de overige pakketconfiguraties. Dit is te verklaren aan de hand van de gemiddelde influentconcentratie welke eveneens lager is dan die van de overige pakketconfiguraties.

Figuur 4.8: hydraulische plaatbelasting uitgezet tegen rendement OB ROS lijn lamellenbezinker



Figuur 4.8 geeft globaal een trend weer van een oplopende hydraulische plaatbelasting en een dalend verwijderingsrendement voor OB. Voor alle configuraties neemt het rendement af bij een oplopende plaatbelasting. De afname van het verwijderingsrendement voor OB bij een toenemende plaatbelasting is bij pakketconfiguratie 3 cm + 3 cm vanwege het kleinere plaatoppervlak wel geringer.

4.3.4 Verwijdering CZV

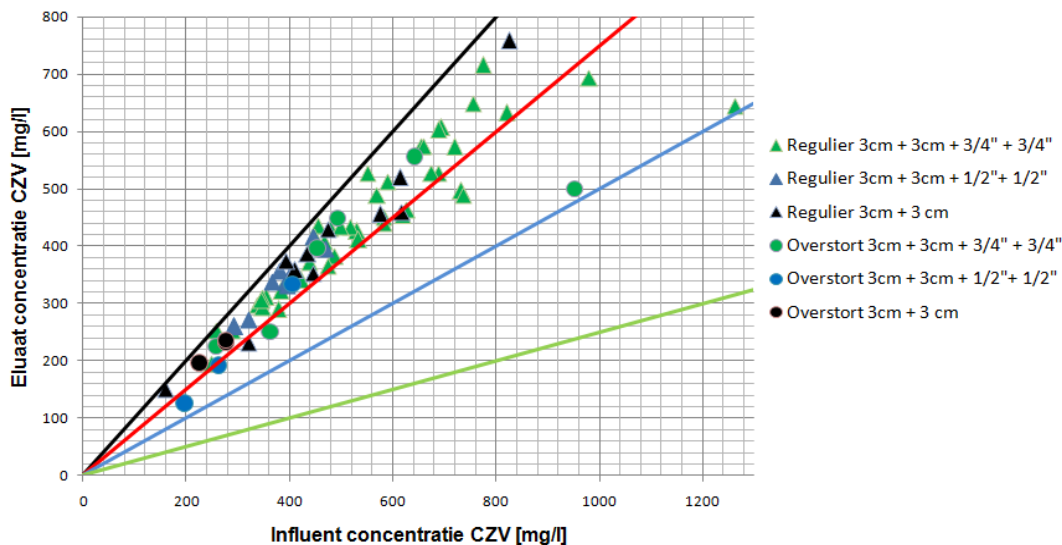
In deze paragraaf zijn de resultaten voor CZV verwijdering zijn per onderzoeksperiode weergegeven in tabel 4.4 en 4.5 en figuur 4.9.

Tabel 4.4: influent- en eluaatconcentraties en verwijderingsrendementen voor CZV van de lamellenbezinker per onderzoeksperiode

Periode	Instellingen	Aantal metingen	CZV influent gemiddeld [mg/l]	CZV eluaat gemiddeld [mg/l]	Rendement CZV gemiddeld [%]
1	Regulier 3 cm + 3 cm + 3/4" + 3/4"	44	556 [249 – 1262]	448 [195 – 716]	17 [3 – 49]
2	Regulier 3 cm + 3 cm + 1/2" + 1/2"	9	385 [293 – 469]	340 [260 – 417]	12 [6 – 16]
3	Regulier 3 cm + 3 cm	12	461 [159 – 826]	393 [150 – 758]	14 [5 – 28]
4	Overstort 3 cm + 3 cm + 3/4" + 3/4"	6	527 [258 – 952]	396 [225 – 556]	21 [9 – 47]
5	Overstort 3 cm + 3 cm + 1/2" + 1/2"	3	289 [197 – 406]	217 [126 – 334]	27 [18 – 36]
6	Overstort 3 cm + 3 cm	3	260 [226 – 278]	221 [196 – 236]	15 [13 – 17]

Figuur 4.9 geeft de ingaande en uitgaande concentraties CZV weer van de lamellenbezinker. De plaats van de datapunten tussen de gekleurde lijnen geeft een indicatie van het rendement.

Figuur 4.9: influent en eluaatconcentratie CZV ROS lijn lamellenbezinker — = 0% verwijdering — = 25% verwijdering — = 50% verwijdering — = 75% verwijdering.



Uit de resultaten voor CZV voor de verschillende pakketconfiguraties blijkt dat:

- de spreiding in ingaande CZV-concentraties net als OB-concentraties erg groot is en varieert tussen de 159 en 1262 mg/l en in de verwijderingsrendementen variëren tussen 3 - 49%. Hierdoor is het vinden van duidelijke verschillen tussen de verschillende configuraties erg lastig;
- de gemiddelde CZV-verwijdering voor de verschillende pakketconfiguraties redelijk gelijk is, met waarden tussen de 12-27% waarbij de rendementen bij overstortsituaties gemiddeld iets hoger liggen;
- de pakketconfiguratie waarbij de laatste twee pakketten de kleinste afstand tussen de lamellen hebben, (3 cm + 3 cm + 1/2" + 1/2") gemiddeld een betere CZV-verwijdering geeft bij behandeling van overstortwater dan de overige pakketten;
- de influentconcentraties voor pakketconfiguratie 3 cm + 3 cm + 3/4" + 3/4" hoger zijn, waardoor ook de eluaatconcentraties hoger zijn dan tijdens de overige perioden bij zowel reguliere- als overstortsituaties;
- het pakket met configuratie 3 cm + 3 cm (laagste aantal platen) het CZV-rendement gemiddeld wat lager is omdat vermoedelijk mindere deeltjes worden afgevangen;
- resultaten voor reguliere situaties geen significant verschil geven tussen de diverse pakketconfiguraties.
- bij overstortsituaties het verwijderingsrendement op OB voor periode 6 lager is dan bij periode 4 en 5. Daarnaast is de gemiddelde influent- en eluaatconcentratie van CZV lager gedurende overstortsituaties dan bij reguliere situaties.
- er geen trend zichtbaar is tussen een toenemende influentconcentratie en het verwijderingsrendement.

Tabel 4.5: influent en eluaatconcentraties en rendementen op CZV > 10 µm van de lamellenbezinker per onderzoeksperiode

Periode	Instellingen	Aantal metingen	CZV > 10 µm influent gemiddeld [mg/l]	CZV > 10 µm eluaat gemiddeld [mg/l]	Rendement CZV > 10 µm gemiddeld [%]
1	Regulier 3 cm + 3 cm + ¼" + ¼"	41	274 [70 – 916]	174 [48 – 460]	35 [5 – 68]
2	Regulier 3 cm + 3 cm + ½" + ½"	9	149 [95 – 200]	112 [79 – 138]	24 [9 – 35]
3	Regulier 3 cm + 3 cm	11	225 [46 – 620]	166 [38 – 568]	28 [8 – 48]
4	Overstort 3 cm + 3 cm + ¼" + ¼"	7	248 [111 – 670]	127 [58 – 251]	44 [24 – 66]
5	Overstort 3 cm + 3 cm + ½" + ½"	3	145 [115 – 163]	83 [32 – 112]	45 [27 – 72]
6	Overstort 3 cm + 3 cm	3	125 [109 – 137]	74 [62 – 98]	41 [28 – 53]

Uit de resultaten van CZV > 10 µm voor de verschillende pakketconfiguraties blijkt dat:

- de spreiding in verwijderingsrendementen voor CZV > 10 µm erg groot is en varieert tussen 5 en 72% voor de verschillende pakketconfiguraties.
- de rendementen voor CZV > 10 µm met 41- 45% bij overstortsituaties hoger zijn dan bij reguliere situaties met 24-35%;
- bij overstortsituaties de gemiddelde influent- en eluaatconcentratie CZV > 10 µm niet veel lager is dan bij reguliere situaties is, dit in tegenstelling tot de CZV-totaal verwijdering;
- het pakket met configuratie 3 cm + 3 cm (minste aantal platen) gemiddeld het CZV-rendement niet lager dan de andere pakketten en dit pakket dus net zo goed afvangt als de andere pakketconfiguraties;
- er geen trend zichtbaar is tussen een toenemende influentconcentratie en het verwijderingsrendement.

4.3.5 Verwijdering P-totaal

De resultaten voor P-totaalverwijdering per onderzoeksperiode zijn uiteengezet in tabel 4.6.

Tabel 4.6: influent- en eluaatconcentraties en rendementen op P-totaal van de lamellenbezinker per onderzoeksperiode

Periode	Instellingen	Aantal metingen	P-totaal influent gemiddeld [mg/l]	P-totaal eluaat gemiddeld [mg/l]	Rendement P-totaal gemiddeld [%]
1	Regulier 3 cm + 3 cm + ¼" + ¼"	35	10,6 [4,0 – 25,0]	9,6 [3,4 – 23,0]	9 [1 – 23]
2	Regulier 3 cm + 3 cm + ½" + ½"	7	7,1 [4,6 – 8,9]	6,6 [4,2 – 8,1]	6 [3 – 9]
3	Regulier 3 cm + 3 cm	12	9,0 [4,5 – 20,8]	8,5 [4,2 – 19,8]	6 [2 – 18]
4	Overstort 3 cm + 3 cm + ¼" + ¼"	9	7,3 [1,9 – 12,3]	6,6 [1,5 – 11,3]	12 [6 – 24]
5	Overstort 3 cm + 3 cm + ½" + ½"	2	5,0 [2,2 – 7,9]	4,5 [1,8 – 7,1]	13 [9 – 17]
6	Overstort 3 cm + 3 cm	4	4,6 [2,0 – 7,2]	4,2 [1,4 – 7,0]	13 [4 – 30]

Uit de resultaten van P-totaal in tabel 3.6 voor de verschillende pakketconfiguraties blijkt dat:

- de spreiding in ingaande P-totaal concentraties, net als OB- en CZV-concentraties, erg groot is en varieert tussen de 1,9 en 25 mg/l en in de verwijderingsrendementen tussen 1-30 %. Hierdoor is het vinden van duidelijke verschillen tussen de verschillende configuraties erg lastig;

- de rendementen voor P-totaal met circa 13 % bij overstort situaties iets hoger is ten opzichte van reguliere situaties met 6-9%;
- de gemiddelde eluaatconcentratie bij reguliere situaties voor pakketconfiguratie 3 cm + 3 cm + ½” + ½” lager is dan de concentratie bij reguliere situaties bij de overige pakketconfiguraties;
- resultaten voor P-totaal voor overstortsituaties onderling geen significant verschil geven tussen de diverse pakketconfiguraties.

4.3.6 Verwijdering stikstof

De resultaten voor stikstofverwijdering per stikstofverbinding zijn uiteengezet in tabel 4.7.

Tabel 4.7: influent- en eluaatconcentraties en rendementen voor stikstof van de lamellenbezinker

Parameter	Aantal metingen	Influent gemiddeld	Eluaat gemiddeld	Rendement gemiddeld
		[mg/l]	[mg/l]	[%]
N-totaal	28	47[17 – 63]	45[16 – 61]	5[0 – 12]
NH ₄	16	29[8 – 44]	28[8 – 44]	4[0 – 11]
N-organisch	9	20[8 – 57]	19[9 – 26]	9[0 – 26]

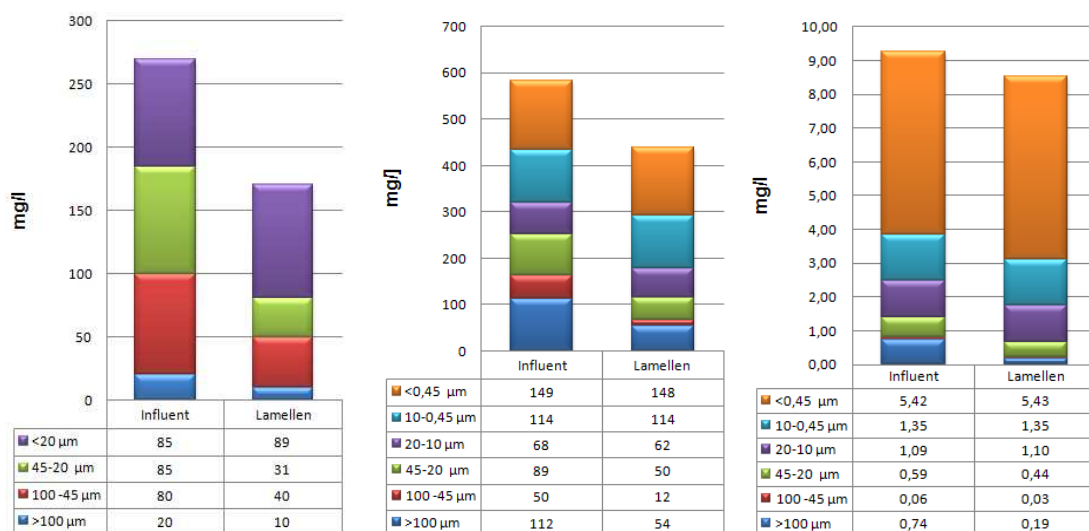
Uit de resultaten in tabel 4.7 blijkt dat:

- de verwijdering van NH₄ valt net buiten de meetnauwkeurigheid van 5%;
- via lamellenbezinking NH₄ niet kan worden verwijderd door bezinking en zelfs niet door absorptie aan het gevormde slib;
- lamellenbezinking gemiddeld een rendement van 15% behaalt op N-organisch en de verwijdering van N-totaal hierdoor wordt veroorzaakt.

4.3.7 Fractionering OB, CZV, en P-totaal

Figuur 4.8 laat een representatieve fractionering voor OB, CZV en P-totaal van de lamellenbezinker (pakketconfiguratie 3 cm + 3 cm + ¾” + ¾”) zien tijdens een riooloverstort simulatie.

Figuur 4.8: fractionering OB, CZV en P-totaal influent en eluaat lamellenbezinker



Uit figuur 4.8 blijkt dat de lamellenbezinker deeltjes als OB en CZV > 20 µm gedeeltelijk verwijdert en geen enkele fractie volledig wordt verwijderd. De verwachting was dat deeltjesfracties van > 45 µm nagenoeg volledig verwijderd zouden worden, maar dit is niet het geval.

Voor P-totaal wordt 75% van de deeltjes > 100 µm, 50% van de deeltjes tussen 100 – 45 µm en 25% van de deeltjes 45 -20 µm verwijderd. Er vindt geen verwijdering plaats van deeltjes < 20 µm. Door het hoge deel opgelost of colloïdaal P-totaal kan er maximaal 30% rendement van P-totaal via bezinking worden gehaald.

4.4 DAF unit

4.4.1 Onderzoekperiodes en gebruikte instellingen

In tabel 4.8 zijn per onderzoeksperiode de bijbehorende instellingen weergegeven. De metingen voor de DAF-unit, zonder toevoeging van extra chemicaliën, zijn onderverdeeld in plaatbelastingen (continue of variabel) en reguliere -en overstortsituaties.

De metingen voor de DAF-unit, waarbij chemicaliën zijn gedoseerd, zijn onderverdeeld in coagulant doseringen (Me:PO₄-P), het type polymeer en in reguliere -en overstort situaties.

Tabel 4.8: instellingen DAF unit op simulatie ROS lijn

Periode	Regulier / overstort	Continu ⁽¹⁾ / variabel ⁽²⁾ debiet	Plaat-belasting m/h	Oppervlakte belasting m/h	Me:PO ₄ -P	Polymeer ppm
1	Regulier	Continu	1,5 / 2,5	4 / 6,7	n.v.t.	n.v.t.
2	Regulier	Variabel	1,5 – 3,5	4 – 9,3	n.v.t.	n.v.t.
3	Overstort	Continu	2,5	6,7	n.v.t.	n.v.t.
4	Overstort	Variabel	1,5 – 3,5	4 – 9,3	n.v.t.	n.v.t.
5	Regulier	Continu + variabel	1,5 – 3,5	4 – 9,3	1,3 – 13,2	1,2 – 2,4 (An)
6	Regulier	Continu + variabel	1,5 – 3,5	4 – 9,3	2,5	2,4 (An/Kat)
7	Regulier	Continu + variabel	1,5 – 3,5	4 – 9,3	3,5	1,8 – 4 (An/Kat)
8	Regulier	Continu	1,5 – 2,5	4 – 6,7	3,5	n.v.t.
9	Overstort	Continu + variabel	1,5 – 3,5	4 – 9,3	2,5	2,4 (An)
10	Overstort	Continu + variabel	1,5 – 3,5	4 – 9,3	3,5	2 - 4 (An/Kat)

(1) Bij continu debiet geldt een aanvoerdebiet van 3 of 5 m³/h

(2) Bij variabel debiet varieert het aanvoerdebiet tussen 3 en 7 m³/h

(An) Anionisch polymeer

(Kat) Kationisch polymeer

4.4.2 Bedrijfsvoering DAF unit

De bedrijfsvoering van de DAF is vanaf het moment van opstarten zeer stabiel en robuust geweest en aanpassingen aan instellingen waren nauwelijks noodzakelijk.

De pilot DAF unit is geautomatiseerd op de volgende onderdelen:

- doseerinstellingen op basis van ingestelde debiet;
- vooraf in te stellen programma voor debietvariatie;
- periodieke afvoer zand en slib op bodem DAF unit.

De DAF unit is zowel met als zonder toevoeging van coagulant en flocculant getest. De specifieke operationele ervaringen en waarnemingen worden in het onderstaande lijst omschreven.

Zonder toevoeging van coagulant en flocculant:

- Een minimale schrapersnelheid voor verwijderen van de drijf laag was voldoende waarbij een hogere schrapersnelheid visueel een verslechterd eluaat geeft;
- Er is een keer olie in de meter voor de luchtverhouding gelekt, hierdoor was de luchtverhouding onvoldoende stabiel in te regelen. Na reiniging is dit probleem verholpen;
- Geen wijzigingen in luchtdosering nodig bij een variabel debiet en vuilbelasting;
- Drijf laag is dun en fragiel, maar is goed te verwijderen door de schraper;
- Slib is dun en luchtig met een troebel centraat (waterfase van het flotatieslib, nadat het slib 15 minuten gerust heeft) na ontwatering;
- Zonder screening 3 mm in de vorm van de zeefbocht verstopt de pijp flocculator.

Met toevoeging van coagulant en flocculant:

- Helder eluaat (zie afbeelding 4.9);

Figuur 4.9 van links naar rechts: influent, influent na coagulatie en flocculatie, eluaat DAF



- Geen wijzigingen in luchtdosering nodig voor de diverse instellingen gedurende de onderzoekperiodes;
- Bij hogere hydraulische belasting iets meer deeltjes zichtbaar in het eluaat;
- In de eluaatbuffer van de DAF unit ontstaat een drijf laag bij gebruik van chemicaliën. Door lichte navlokkings hoopt de drijf laag zich op gedurende een week testen. Door de buffer dagelijks af te laten is dit verholpen;
- Zonder flocculant (maar met toevoeging van coagulant) wordt eveneens een helder eluaat verkregen;
- Bij maximale hydraulische belasting ($7 \text{ m}^3/\text{h}$) is de DAF-unit een aantal keren uitgevallen door een te hoge drukopbouw in de flocculator. Dit is een schaalprobleem omdat door de relatief kleine leidingen de druk snel toeneemt. Bij full-scale is dit niet van toepassing omdat er dan veel grotere leidingdiameters worden gebruikt en waarschijnlijk gebruik gemaakt gaat worden van mengtanks;
- Zonder screening 3 mm in de vorm van de zeefbocht verstopt de pijp flocculator.

4.4.3 Verwijdering onopgeloste bestanddelen

4.4.3.1 Resultaten OB zonder toevoeging van coagulant en flocculant

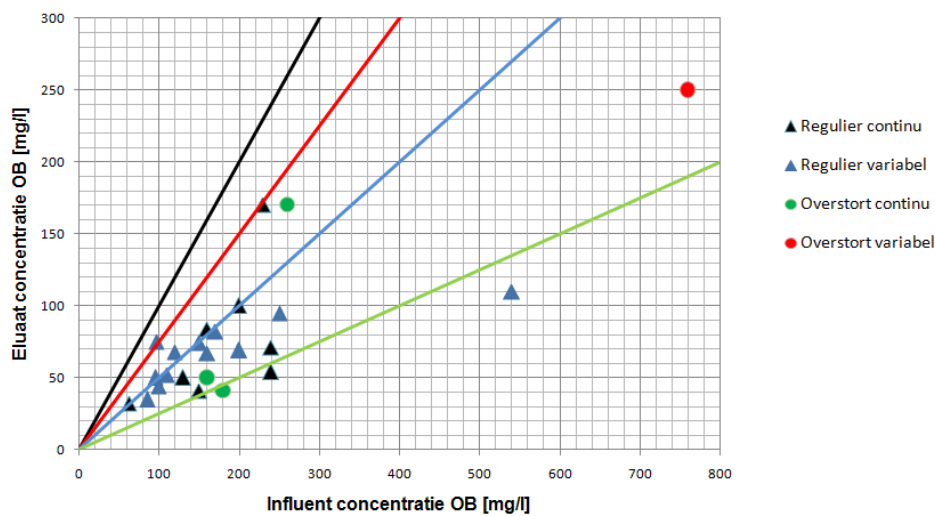
In deze paragraaf worden de resultaten van periode 1 t/m 4 besproken. Tijdens deze periodes is de DAF-unit getest zonder toevoeging van coagulant en flocculant. De resultaten voor de DAF unit met toevoeging van coagulant en flocculant worden in paragraaf 4.4.1.2 besproken.

Tabel 4.9: influent- en eluaatconcentraties en rendementen op OB van de DAF-unit per onderzoeksperiode

Periode	Instellingen	Aantal metingen	OB influent gemiddeld	OB eluaat gemiddeld	Rendement OB gemiddeld
			[mg/l]	[mg/l]	[%]
1	Regulier continu	10	166 [53 – 240]	75 [21 – 120]	54 [40 – 73]
2	Regulier variabel	12	173 [85 – 540]	68 [35 – 110]	54 [23 – 80]
3	Overstort continue	3	200 [160 – 260]	87 [41 – 170]	66 [35 – 77]
4	Overstort variabel	1	760 [760 – 760]	250 [250 – 250]	67 [67 – 67]

Figuur 4.10 geeft de influent- en eluaatconcentraties van OB weer van de DAF-unit. De plaats van de datapunten tussen de gekleurde lijnen geeft een indicatie van het rendement.

Figuur 4.10: OB verwijdering ROS lijn DAF unit — = 0% verwijdering — = 25% verwijdering
— = 50% verwijdering — = 75% verwijdering



Uit de resultaten van OB bij DAF voor continue en variabele hydraulische belasting blijkt dat:

- de spreiding in ingaande OB concentraties groot is en varieert tussen de 58 en 760 mg/l en de verwijderingsrendementen variëren tussen 23- en 80%;
- de gemiddelde OB-verwijdering voor continue en variabele hydraulische belasting bij reguliere situaties gelijk is met een verwijderingspercentage van 54%;
- tijdens overstortsituaties de gemiddelde verwijdering van OB hoger is dan tijdens reguliere situaties. De OB-verwijdering voor continue en variabele hydraulische belasting tijdens overstortsituaties is vrijwel gelijk met een verwijderingspercentage van 66 en 67%;
- de gemiddelde eluaatconcentraties voor OB stabiel en vergelijkbaar zijn voor continue en variabele plaatbelasting bij reguliere -en overstort situaties. De variabele overstortsituatie betreft een enkele meting waarbij de influentconcentratie OB erg hoog is ten opzichte van de overige metingen.

4.4.3.2 Verwijdering OB met toevoeging van coagulant en flocculant

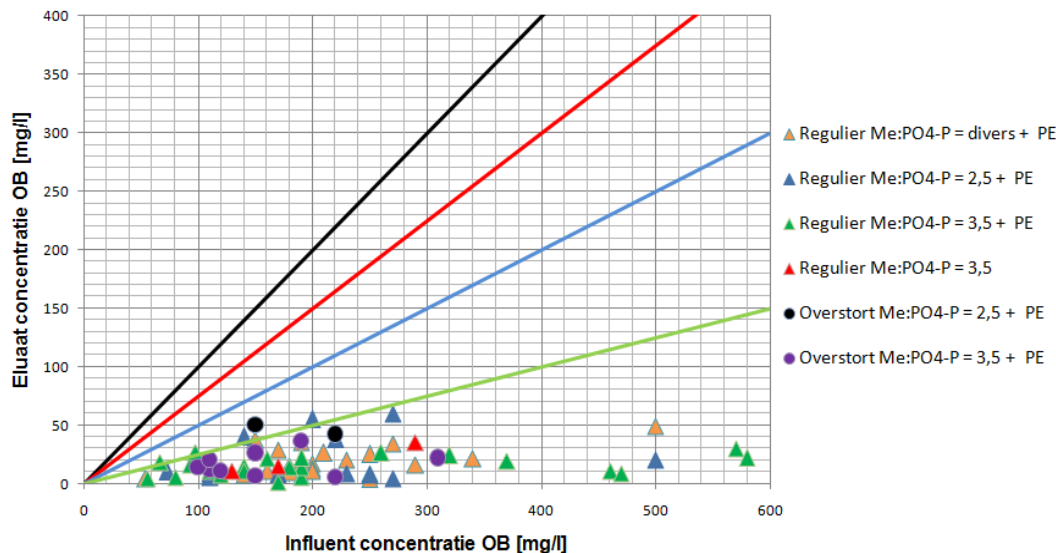
In deze paragraaf worden de resultaten van periode 5 t/m 11 besproken. Hierbij is de DAF unit getest met toevoeging van coagulant en flocculant.

Tabel 4.10: influent en eluaat concentraties en rendementen op OB van de DAF-unit per onderzoeksperiode

Periode	Instellingen	Aantal metingen	OB influent gemiddeld [mg/l]	OB eluaat gemiddeld [mg/l]	Rendement OB gemiddeld [%]
5	Regulier Me:PO ₄ -P = variabel + PE	25	207 [54 – 500]	18 [4 – 49]	91 [83 – 99]
6	Regulier Me:PO ₄ -P = 2,5 + PE	12	212 [73 – 500]	21 [4 – 60]	88 [71 – 98]
7	Regulier Me:PO ₄ -P = 3,5 + PE	24	219 [56 – 580]	15 [1 – 30]	90 [72 – 98]
8	Regulier Me:PO ₄ -P = 3,5	4	175 [110 – 290]	20 [11 – 35]	89 [85 – 92]
9	Overstort Me:PO ₄ -P = 2,5 + PE	2	185 [150 – 220]	46 [42 – 50]	74 [67 – 81]
10	Overstort Me:PO ₄ -P = 3,5 + PE	10	162 [100 – 310]	16 [5 – 36]	89 [70– 97]

Figuur 4.11 geeft de influent en eluaatconcentraties OB weer van de DAF-unit. De plaats van de datapunten tussen de gekleurde lijnen geeft een indicatie van het rendement.

Figuur 4.11: OB verwijdering ROS lijn DAF unit — = 0% verwijdering — = 25% verwijdering — = 50% verwijdering — = 75% verwijdering

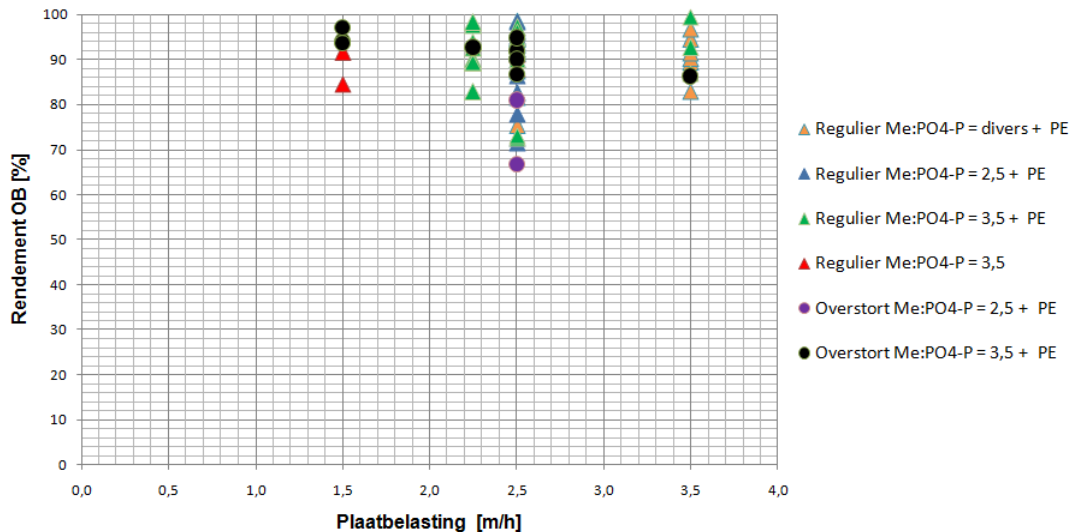


Uit de resultaten van OB bij DAF blijkt dat:

- de spreiding in ingaande OB-concentraties groot is en varieert tussen de 54 en 580 mg/l en de verwijderingsrendementen variëren tussen 67- en 99%;
- de spreiding in eluaatconcentraties OB stabiel is waarbij weinig verschil te zien is tussen de eluaatconcentraties van de diverse perioden;
- de eluaatconcentraties gelijk blijven, ongeacht de hoogte van de influentconcentratie;
- bij gebruik van een Me:PO₄-P verhouding van 2,5 het verwijderingsrendement voor OB lager is en de gemiddelde eluaatconcentraties marginaal hoger zijn dan bij de overige perioden bij reguliere situaties. Voor overstortsituaties is bij een Me:PO₄-P verhouding van 2,5 de gemiddelde eluaatconcentratie 30 mg/l hoger dan bij reguliere situaties;
- de perioden onder reguliere situaties een vergelijkbare verwijdering van OB geven;
- overstortsituaties bij Me:PO₄-P = 3,5 een vergelijkbare verwijdering van OB geven ten opzichte van reguliere situaties;

- zonder het gebruik van flocculant (periode 8) de OB-verwijdering overeenkomt met het gemiddelde van de overige instellingen, maar geen rendement boven 92% bereikt wordt, in tegenstelling tot de overige perioden. Doordat deze instelling een viertal analyses bevat, kunnen er geen harde conclusies getrokken worden. Dit is een indicatie dat het toepassen van de juiste Me:PO₄-P verhouding belangrijker is dan het toevoegen van een polymeer. Maximale verwijdering lijkt echter alleen mogelijk bij gebruik van een polymeer.

Figuur 4.12: hydraulische plaatbelasting uitgezet tegen rendement OB ROS lijn DAF unit



Het was niet mogelijk om met de DAF-unit een brede range aan plaatbelastingen te testen. Er is uit de bovenstaande figuur geen trend op te maken tussen een toenemende plaatbelasting en het rendement op OB. De hoogte van de plaatbelasting heeft geen invloed op het rendement op OB. Hieruit kan opgemaakt worden dat de maximale plaatbelasting, die mogelijk is voor de DAF unit niet bereikt is.

4.4.4 Verwijdering CZV

4.4.4.1 Resultaten CZV zonder gebruik van coagulant en flocculant

In deze paragraaf worden de resultaten van periode 1 t/m 4 besproken. Hierbij is de DAF unit getest zonder gebruik te maken van een coagulant en flocculant. De resultaten voor de DAF unit met gebruik van coagulant en flocculant zijn in paragraaf 4.4.4.2 besproken.

Tabel 4.11: influent- en eluaatconcentraties en rendementen op CZV van de DAF unit per onderzoeksperiode

Periode	Instellingen	Aantal metingen	CZV influent gemiddeld	CZV eluaat gemiddeld	Rendement CZV gemiddeld
			[mg/l]	[mg/l]	[%]
1	Regulier continu	11	465 [290 – 688]	334 [231 – 468]	27 [18 – 43]
2	Regulier variabel	11	449 [293 – 756]	322 [235 – 458]	26 [16 – 57]
3	Overstort continue	3	455 [263 – 696]	350 [156 – 578]	27 [17 – 41]
4	Overstort variabel	1	952 [952 – 952]	456 [456 – 456]	52 [52 – 52]

Uit de resultaten van CZV bij DAF voor continue en variabele plaatbelasting blijkt dat:

- de spreiding in ingaande CZV-concentraties net als OB-concentraties erg groot is en varieert tussen de 263 en 952 mg/l en de verwijderingsrendementen variëren tussen 16- en 57%;

- de gemiddelde CZV-verwijdering voor continue en variabele plaatbelasting gelijk is met waarden van 26 en 27%, waarbij het gemiddelde verwijderingsrendement bij de continue overstortsituaties gelijk is aan de reguliere situaties met 27%. Hierbij zijn de gemiddelde eluaatconcentraties van de desbetreffende onderzoeksperiodes ook gelijk aan elkaar;
- periode 4 uit één gemeten overstortsituatie bestaat waarbij de influentconcentratie een factor 2 hoger is dan de gemiddelde influentconcentraties van de overige perioden.

Tabel 4.12: influent- en eluaatconcentraties en rendementen op CZV > 10 µm van de DAF-unit per onderzoeksperiode

Periode	Instellingen	Aantal metingen	CZV > 10 µm influent gemiddeld [mg/l]	CZV > 10 µm eluaat gemiddeld [mg/l]	Rendement CZV > 10 µm gemiddeld [%]
1	Regulier continu	11	238 [110 - 388]	108 [51 - 184]	53 [34 - 66]
2	Regulier variabel	11	188 [95 - 513]	83 [23-116]	49 [36 - 83]
3	Overstort continue	3	196 [153 - 267]	90 [62 - 137]	55 [49 - 63]
4	Overstort variabel	1	670 [670 - 670]	199 [199 - 199]	70 [70 - 70]

Uit de resultaten van CZV > 10 µm bij DAF voor continue en variabele plaatbelasting blijkt dat:

- de spreiding in verwijderingsrendementen voor CZV > 10 µm erg groot is en varieert tussen de 34 en 83%;
- de gemiddelde CZV-verwijdering voor continue en variabele plaatbelasting redelijk gelijk is met waarden van 53 en 49% waarbij het gemiddelde verwijderingsrendement bij de continue overstortsituaties gelijk is aan de reguliere situaties met 55%. Hierbij zijn de gemiddelde eluaatconcentraties van de desbetreffende onderzoeksperiodes ook gelijk aan elkaar;
- periode 4 uit één gemeten overstortsituatie bestaat waarbij de influentconcentratie ruim een factor 3 hoger is dan de gemiddelde influentconcentraties van de overige perioden.

4.4.4.2 Resultaten CZV met gebruik van coagulant en flocculant

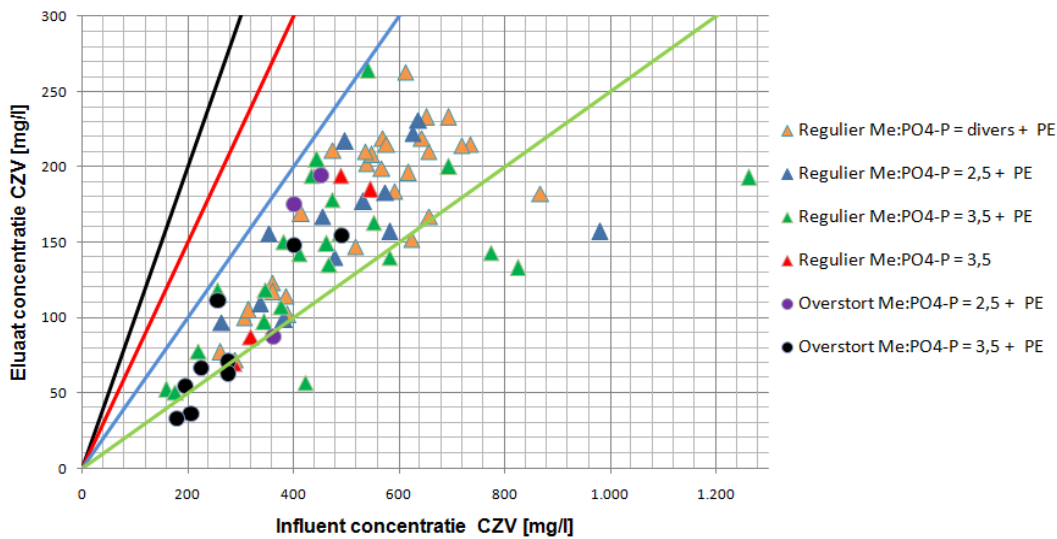
In deze paragraaf worden de resultaten van periode 5 t/m 11 besproken. Hierbij is de DAF unit getest met coagulant en flocculant.

Tabel 4.13: influent- en eluaatconcentraties en rendementen op CZV van de DAF unit per onderzoeksperiode

Periode	Instellingen	Aantal metingen	CZV influent gemiddeld [mg/l]	CZV eluaat gemiddeld [mg/l]	Rendement CZV gemiddeld [%]
5	Regulier Me:PO ₄ -P = variabel + PE	29	534 [261 - 868]	174 [72 - 263]	67 [56 - 79]
6	Regulier Me:PO ₄ -P = 2,5 + PE	14	498 [259 - 980]	159 [97 - 231]	66 [55 - 84]
7	Regulier Me:PO ₄ -P = 3,5 + PE	24	479 [159 - 1262]	137 [51 - 264]	69 [54 - 87]
8	Regulier Me:PO ₄ -P = 3,5	4	411 [288 - 545]	134 [70 - 194]	69 [60 - 76]
9	Overstort Me:PO ₄ -P = 2,5 + PE	3	407 [363 - 454]	152 [87 - 194]	63 [57 - 76]
10	Overstort Me:PO ₄ -P = 3,5 + PE	9	280 [180 - 493]	82 [33 -153]	72 [57 - 83]

Figuur 4.13 geeft de influent en eluaatconcentraties CZV weer van de DAF-unit. De plaats van de datapunten tussen de gekleurde lijnen geeft een indicatie van het rendement.

Figuur 4.13: CZV verwijdering ROS lijn DAF unit — = 0% verwijdering — = 25% verwijdering — = 50% verwijdering — = 75% verwijdering



Uit de resultaten van CZV bij DAF met toevoeging van coagulant en flocculant blijkt dat:

- de spreiding in ingaande CZV-concentraties net als die in OB-concentraties erg groot is en varieert tussen de 159 en 1262 mg/l en de verwijderingsrendementen variëren tussen 54- en 87%;
- de gemiddelde CZV-verwijdering bij reguliere omstandigheden gelijkwaardig aan elkaar zijn voor alle doseerinstellingen met verwijderingsrendementen tussen 66- en 69%;
- de gemiddelde verwijderingsrendementen overstortsituaties redelijk gelijkwaardig zijn aan de reguliere situaties met waarden tussen 63- en 72%. Hierbij zijn ook de gemiddelde eluaatconcentraties van de onderzoeksperioden gelijk aan elkaar;
- de influentconcentraties CZV bij overstortsituaties gemiddeld lager zijn dan bij reguliere situaties;
- zonder het gebruik van flocculant (periode 8) de CZV-verwijdering, net als de OB-verwijdering, overeenkomt met het gemiddelde van de overige instellingen;
- de CZV-verwijdering procentueel gelijk blijft ongeacht de influentconcentratie. Bij influentconcentraties > 800 mg/l lijkt het verwijderingsrendement toe te nemen, maar er zijn te weinig datapunten om dit te bewijzen.

Tabel 4.14: influent en eluaatconcentraties en rendementen op CZV > 10 µm van de DAF unit per onderzoeksperiode

Periode	Instellingen	Aantal metingen	CZV > 10 µm influent gemiddeld [mg/l]	CZV > 10 µm eluaat gemiddeld [mg/l]	Rendement CZV > 10 µm gemiddeld [%]
5	Regulier Me:PO ₄ -P = divers + PE	27	249 [82 – 568]	15 [0 – 82]	94 [83 – 100]
6	Regulier Me:PO ₄ -P = 2,5 + PE	14	224 [70 – 722]	13 [0 – 38]	93 [83 – 100]
7	Regulier Me:PO ₄ -P = 3,5 + PE	20	278 [46 – 916]	15 [1 – 66]	93 [71 – 100]
8	Regulier Me:PO ₄ -P = 3,5	3	237 [85 – 345]	31 [17 – 54]	86 [80 – 92]
9	Overstort Me:PO ₄ -P = 2,5 + PE	2	170 [166 – 173]	47 [27 – 52]	77 [70 – 84]
10	Overstort Me:PO ₄ -P = 3,5 + PE	7	142 [109 – 214]	11 [2 – 25]	92 [82 – 98]

Uit de resultaten van CZV > 10 µm bij DAF met toevoeging van coagulant en flocculant blijkt dat:

- de DAF unit bijna al het CZV > 10 µm verwijdert, waarbij de verwijderingsrendementen variëren tussen de 71- en 100%;
- de gemiddelde CZV > 10 µm-verwijdering voor diverse instellingen voor reguliere situaties, waarbij een flocculant toegevoegd is, gelijk zijn aan waarden van 93 en 94%. Hierbij is het gemiddelde verwijderingsrendement van onderzoeksperiode 10 bij overstortsituaties gelijk aan de reguliere situaties, met 92%. De gemiddelde eluaatconcentraties van de desbetreffende onderzoeksperiodes zijn ook gelijk aan elkaar;
- het verwijderingsrendement bij overstortsituaties waarbij een Me:PO₄-P verhouding van 2,5 gebruikt is lager is dan bij de overige instellingen met een gemiddeld verwijderingsrendement van 77%;
- de influentconcentraties CZV > 10 µm bij overstortsituaties gemiddeld lager zijn dan bij reguliere situaties;
- in reguliere situaties zonder het gebruik van flocculant (periode 8) de CZV > 10 µm-verwijdering iets lager uitvalt dan wanneer er een flocculant toegevoegd wordt.

4.4.5 Verwijdering P-totaal

4.4.5.1 Verwijdering P-totaal zonder toevoeging van coagulant en flocculant

In deze paragraaf worden de resultaten van periode 1 t/m 4 besproken. Hierbij is de DAF unit getest zonder toevoeging van coagulant en flocculant. De resultaten voor verwijdering van P-totaal van de DAF unit met toevoeging van coagulant en flocculant zijn in paragraaf 4.4.5.2 behandeld.

Tabel 4.15: influent- en eluaatconcentraties en rendementen op P-totaal van de DAF-unit per onderzoeksperiode

Periode	Instellingen	Aantal metingen	P-totaal influent gemiddeld	P-totaal eluaat gemiddeld	Rendement P-totaal gemiddeld
			[mg/l]	[mg/l]	[%]
1	Regulier continu	11	7,7 [4,7 – 10,5]	6,5 [4,4 – 8,4]	15 [2 – 22]
2	Regulier variabel	9	7,4 [5,2 – 8,9]	6,7 [4,4 – 7,7]	8 [1 – 24]
3	Overstort continue	4	8,5 [4,0 – 11,9]	7,3 [3,2 – 11,1]	15 [7 – 22]
4	Overstort variabel	1	7,1 [7,1 – 7,1]	5,0 [5,0 – 5,0]	29 [29 – 29]

Uit de resultaten van P-totaal in tabel 4.15 voor de verschillende onderzoeksperiodes blijkt dat:

- de spreiding in ingaande P-totaal concentraties net als OB- en CZV-concentraties erg groot is en varieert tussen de 4,0 en 11,9 mg/l en de verwijderingsrendementen variëren tussen 1- en 29 %;
- de verwijderingsrendementen voor P-totaal bij reguliere situaties vergelijkbaar zijn met waarden tussen 8- en 15%. Het gemiddelde verwijderingsrendement van de continue overstortsituaties is gelijk aan de reguliere situaties met 15%;
- het rendement van de variabele overstortsituatie niet direct vergeleken kan worden met de gemiddelden van de overige periodes, omdat deze periode één enkele meting betreft;
- de resultaten voor P-totaal geen significant verschil geven tussen continue en variabele plaatbelasting en tussen reguliere -en overstortsituaties;
- er geen trend zichtbaar is tussen een toenemende influentconcentratie en het verwijderingsrendement.

4.4.5.2 Verwijdering P-totaal met toevoeging van coagulant en flocculant

In deze paragraaf worden de resultaten van periode 5 t/m 11 behandeld. Hierbij is de DAF-unit getest met toevoeging van coagulant en flocculant.

Tabel 4.16: influent- en eluaatconcentraties en rendementen op P-totaal van de DAF-unit per onderzoeksperiode

Periode	Instellingen	Aantal metingen	P-totaal influent gemiddeld [mg/l]	P-totaal Eluaat gemiddeld [mg/l]	Rendement P-totaal gemiddeld [%]
5	Regulier Me:PO ₄ -P = variabel + PE	23	8,6 [2,7 – 11,7]	1,2 [0,5 – 3,4]	86 [67 – 93]
6	Regulier Me:PO ₄ -P = 2,5 + PE	11	9,9 [4,9 – 25,0]	0,5 [0,2 – 1,0]	94 [88 – 98]
7	Regulier Me:PO ₄ -P = 3,5 + PE	23	8,3 [3,1 – 21,7]	0,7 [0,3 – 1,8]	90 [71 – 98]
8	Regulier Me:PO ₄ -P = 3,5	4	6,6 [4,5 – 8,5]	0,9 [0,8 – 0,9]	87 [82 – 91]
9	Overstort Me:PO ₄ -P = 2,5 + PE	2	6,1 [5,8 – 6,5]	0,2 [0,1 – 0,2]	98 [97 – 98]
10	Overstort Me:PO ₄ -P = 3,5 + PE	8	4,3 [0,4 – 8,5]	0,5 [0,0 – 0,8]	85 [62 – 95]

Uit de resultaten van P-totaal in tabel 4.16 voor de diverse onderzoeksperiodes blijkt dat:

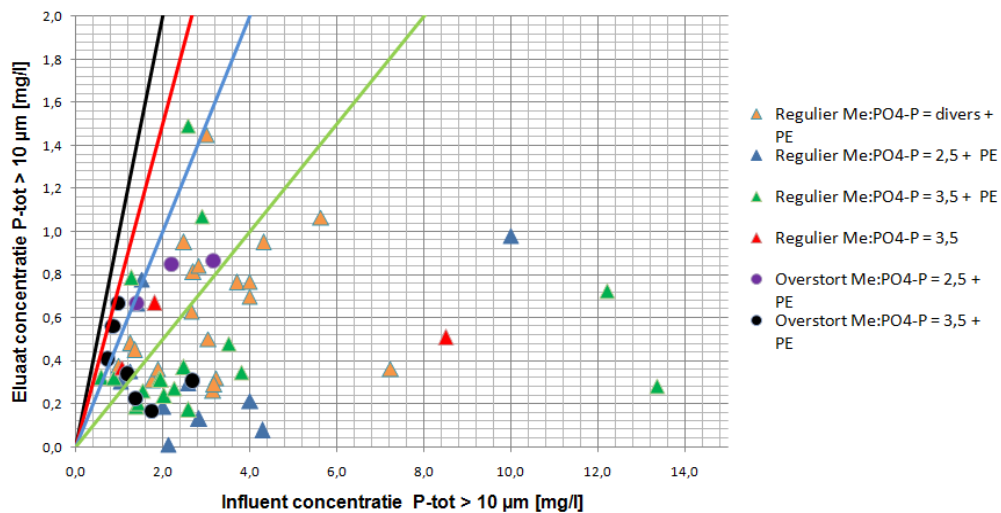
- de spreiding in ingaande P-totaal concentraties net als die in OB- en CZV-concentratie erg groot is en varieert tussen de 0,4 en 25,0 mg/l en het verwijderingsrendement varieert tussen 62- en 98%;
- de gemiddelde P-totaal verwijdering voor reguliere situaties redelijk gelijk is met waarden van 86 en 94%, waarbij de gemiddelde verwijderingsrendementen overstortsituaties redelijk gelijk zijn aan de reguliere situaties met 85 – 98%. Hierbij zijn ook de gemiddelde eluaatconcentraties van de onderzoeksperiodes gelijk aan elkaar, met uitzondering van onderzoeksperiode 5. Dit is te verklaren doordat tijdens deze onderzoeksperiode een vaste doseerhoeveelheid voor coagulant is gebruikt. Hierdoor daalt de Me:PO₄-P bij een toenemende concentratie PO₄, waardoor een volledige coagulatie niet meer gegarandeerd is;
- een Me:PO₄-P verhouding van 2,5 een iets hoger rendement geeft voor P-totaal ten opzichte van een Me:PO₄-P verhouding van 3,5 bij reguliere situaties in tegenstelling tot het rendement van OB- en CZV-verwijdering;
- zonder het gebruik van flocculant (periode 8) de P-totaal verwijdering iets lager uitvalt dan in periode 6 en 7 waarbij er een flocculant toegevoegd wordt;
- de influentconcentraties P-totaal bij overstortsituaties gemiddeld lager zijn dan bij reguliere situaties.

Tabel 4.17: influent- en eluaatconcentraties en rendementen op P-totaal > 10 µm van de DAF-unit per onderzoeksperiode

Periode	Instellingen	Aantal metingen	P-tot > 10 µm influent gemiddeld [mg/l]	P-tot > 10 µm eluaat gemiddeld [mg/l]	Rendement P-tot > 10 µm gemiddeld [%]
5	Regulier Me:PO ₄ -P = variabel + PE	21	3,1 [1,0 – 7,2]	0,6 [0,3 – 1,5]	77 [52 – 95]
6	Regulier Me:PO ₄ -P = 2,5 + PE	11	3,0 [1,0 – 10,0]	0,4 [0,0 – 1,0]	85 [48 – 100]
7	Regulier Me:PO ₄ -P = 3,5 + PE	19	3,2 [0,6 – 13,4]	0,5 [0,2 – 1,5]	77 [38 – 98]
8	Regulier Me:PO ₄ -P = 3,5	3	3,8 [1,1 – 8,5]	0,5 [0,4 – 0,7]	74 [63 – 94]
9	Overstort Me:PO ₄ -P = 2,5 + PE	3	2,3 [1,4 – 3,2]	0,8 [0,7 – 0,9]	62 [53 – 73]
10	Overstort Me:PO ₄ -P = 3,5 + PE	7	1,4 [0,7 – 2,7]	0,4 [0,2 – 0,7]	63 [32 – 90]

Figuur 4.14 geeft de influent en eluaatconcentraties P-totaal > 10 µm weer van de DAF unit. De plaats van de datapunten tussen de gekleurde lijnen geeft een indicatie van het rendement.

Figuur 4.14: P-totaal > 10 µm verwijdering ROS lijn DAF-unit — = 0% verwijdering — = 25% verwijdering
— = 50% verwijdering — = 75% verwijdering



Uit de resultaten van P-totaal > 10 µm in tabel 4.17 voor de diverse onderzoeksperioden blijkt dat:

- de spreiding in verwijderingsrendementen voor P-totaal > 10 µm erg groot is met 32 - 100% in tegenstelling tot de verwijderingsrendementen voor CZV > 10 µm;
- de gemiddelde P-totaal verwijdering voor reguliere situaties redelijk gelijk is, met waarden van 77 en 85%, waarbij de gemiddelde verwijderingsrendementen tijdens overstortsituaties met 62 – 63% lager zijn dan die tijdens reguliere situaties;
- een Me:PO₄-P verhouding van 2,5 een iets hoger rendement geeft voor P-totaal > 10 µm ten opzichte van een Me:PO₄-P verhouding van 3,5 bij reguliere situaties;
- De gemiddelde verwijderingsrendementen en de spreiding in resultaten voor P-totaal > 10 µm voor alle onderzoeksperioden lager zijn dan van P-totaal. Dit is te verklaren door de coagulatie van PO₄. Doordat deze fractie geheel gecoaguleerd wordt (tabel 3.18) tot P-totaal > 10 µm en vervolgens niet geheel verwijderd wordt door de DAF unit, resulteert dit in een lagere verwijdering van P-totaal > 10 µm ten opzichte van P-totaal;
- de influentconcentraties P-totaal > 10 µm bij overstortsituaties gemiddeld lager zijn dan bij reguliere situaties.

Tabel 4.18: influent- en eluaatconcentraties en rendementen op PO₄ van de DAF-unit per onderzoeksperiode

Periode	Instellingen	Aantal metingen	PO ₄ Influent gemiddeld [mg/l]	PO ₄ Eluaat gemiddeld [mg/l]	Rendement PO ₄ gemiddeld [%]
5	Regulier Me:PO ₄ -P = divers + PE	12	3,5 [1,1 - 6,7]	0,1 [0,0 - 0,6]	98 [90 - 100]
6	Regulier Me:PO ₄ -P = 2,5 + PE	2	4,4 [2,9 - 5,9]	0,1 [0,0 - 0,1]	98 [97 - 98]
7	Regulier Me:PO ₄ -P = 3,5 + PE	22	3,8 [1,4 - 8,1]	0,0 [0,0 - 0,1]	99 [97 - 100]
8	Regulier Me:PO ₄ -P = 3,5	4	4,1 [2,2 - 6,0]	0,0 [0,0 - 0,1]	99 [99 - 99]
9	Overstort Me:PO ₄ -P = 2,5 + PE	1	4,9 [4,9 - 4,9]	0,1 [0,1 - 0,1]	99 [99 - 99]
10	Overstort Me:PO ₄ -P = 3,5 + PE	10	2,5 [0,3 - 5,9]	0,0 [0,0 - 0,1]	98 [95 - 100]

Uit de resultaten van PO₄ in tabel 4.18 voor de diverse onderzoeksperiodes blijkt dat:

- de spreiding in ingaande PO₄-concentraties net als OB, CZV en P-totaal concentraties erg groot is en varieert tussen de 0,3 en 8,1 mg/l, de spreiding in verwijderingsrendementen is, 90 - 100%;
- PO₄ vrijwel volledig verwijderd wordt met gemiddeld 98 – 99%. Dit geeft aan dat de coagulatie goed is, al het beschikbare PO₄ wordt geocoaguleerd;
- De verwijderingsrendementen op PO₄ geen significante verschillen vertonen tussen de diverse onderzoeksperiodes en tussen reguliere –en overstortsituaties;
- de gemiddelde influentconcentratie bij overstortsituaties lager is dan bij reguliere situaties.

4.4.1 Verwijdering N-totaal

4.4.1.1 Verwijdering stikstof zonder toevoeging van coagulant en flocculant

Tabel 4.19: influent- en eluaatconcentraties en rendementen op stikstof van de DAF-unit

Parameter	Aantal metingen	Influent gemiddeld [mg/l]	Eluaat gemiddeld [mg/l]	Rendement gemiddeld [mg/l]
N-totaal	8	50 [37 - 64]	42 [32 - 51]	15 [0 - 32]
NH ₄	6	30 [21 - 38]	28 [20 - 37]	7 [0 - 22]

Uit tabel 3.19 blijkt dat de DAF unit, zonder toevoeging van coagulant en flocculant:

- geen NH₄ kan verwijderen. Verwijderingspercentages in deze orde van grootte liggen binnen de meetfout. Een andere verklaring is absorptie van NH₄ in het flotatieslib;
- gemiddeld een rendement van 18% behaalt op N-totaal en de verwijdering van N-totaal wordt veroorzaakt door de verwijdering van N-organisch. Deze fractie is niet gemeten in deze onderzoeksperiode.

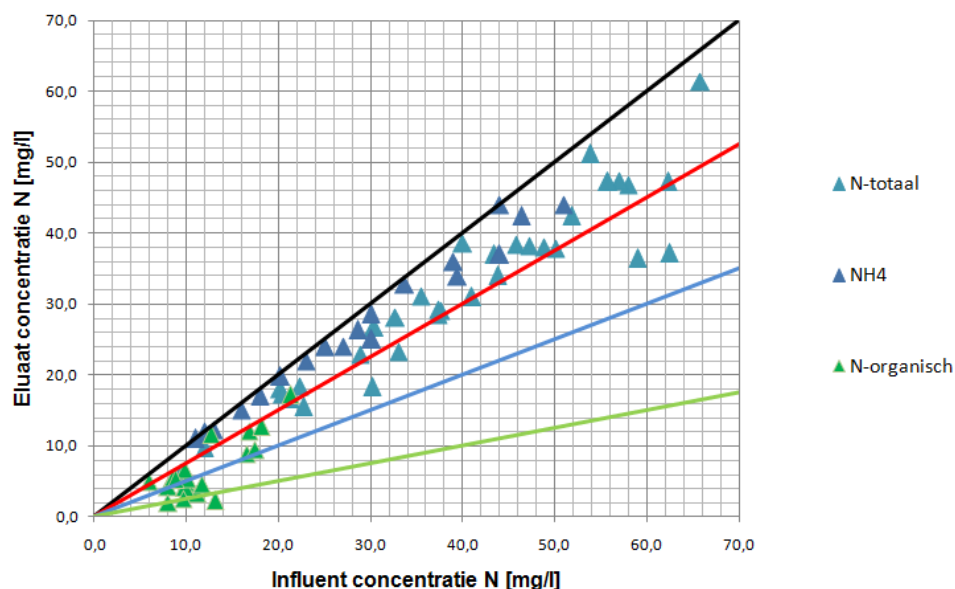
4.4.1.2 Verwijdering stikstof met toevoeging van coagulant en flocculant

Tabel 4.20: influent- en eluaatconcentraties en rendementen op stikstof van de DAF-unit

Parameter	Aantal metingen	Influent gemiddeld [mg/l]	Eluaat gemiddeld [mg/l]	Rendement gemiddeld [mg/l]
N-totaal	19	40 [20 – 66]	32 [15 – 61]	19 [7 – 39]
NH ₄	19	27 [11 – 51]	25 [11 – 44]	6 [0 – 17]
N-organisch	19	12[6 – 21]	7[2 – 17]	46[9 – 83]

Figuur 4.15 geeft de influent- en eluaatconcentraties N-totaal, NH₄ en N-organisch weer van de DAF-unit. De plaats van de datapunten tussen de gekleurde lijnen geeft een indicatie van het rendement.

Figuur 4.15: Stikstofverwijdering ROS lijn DAF unit — = 0% verwijdering — = 25% verwijdering
— = 50% verwijdering — = 75% verwijdering



Uit figuur blijkt dat de DAF-unit met toevoeging van coagulant en flocculant:

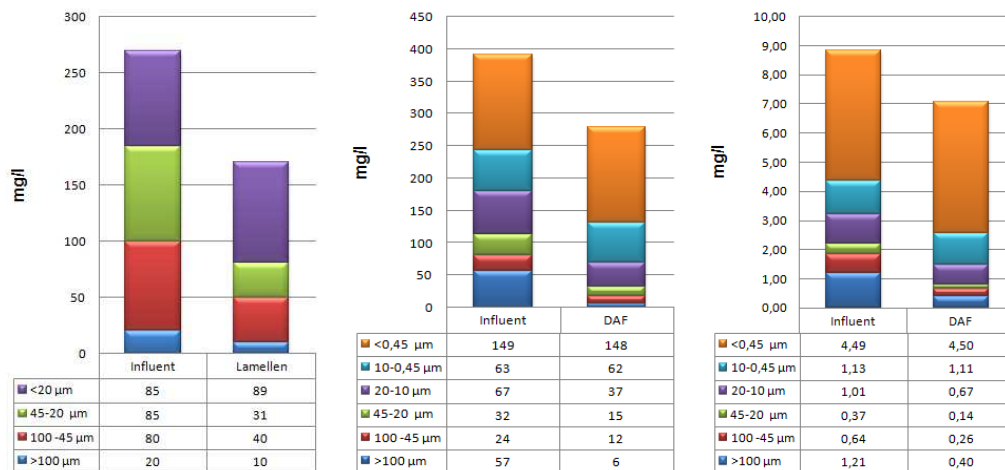
- geen NH₄ kan verwijderen. Verwijderingspercentages in deze orde van grootte kunnen binnen de meetfout liggen. Een andere verklaring is absorptie van NH₄ in het flotatieslib;
- gemiddeld een rendement van 46% behaalt op N-organisch en de verwijdering van N-totaal hierdoor wordt veroorzaakt
- 6% meer N-totaal verwijderd ten opzichte van de DAF zonder toevoeging van een coagulant en flocculant. Dit is te verklaren aan de hand van het verhoogde verwijderingsrendement op N-organisch;
- een hoger rendement op N-organisch lijkt te hebben bij influent concentraties < 12 mg/l N-organisch.

4.4.2 Fractionering OB, CZV, en P-totaal

4.4.2.1 Fractionering zonder toevoeging van coagulant en flocculant

Figuur 4.16 laat een representatieve fractionering voor OB, CZV en P-totaal van de DAF unit op de simROS-lijn zonder toevoeging van een coagulant en flocculant.

Figuur 4.16: fractionering OB, CZV en P-totaal influent en eluaat DAF-unit

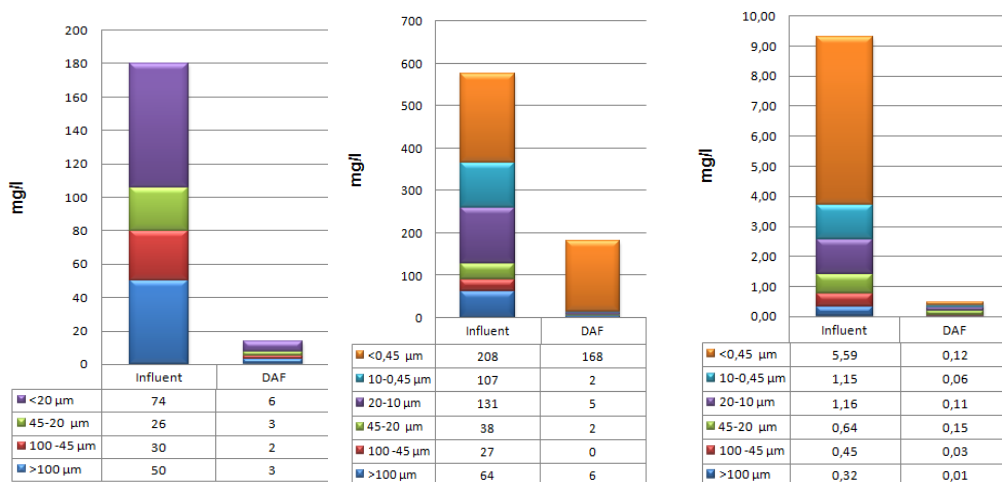


Uit figuur 4.16 blijkt dat de DAF-unit zonder toevoeging van coagulant en flocculant deeltjes OB, CZV en P-totaal > 20 µm grotendeels, deeltjes van 10-20 gedeeltelijk en deeltjes < 10 µm nagenoeg niet verwijdert. Door het hoge deel opgelost of colloïdaal P-totaal kan er maximaal 30% rendement van P-totaal via bezinking worden gehaald.

4.4.2.2 Fractionering met toevoeging van coagulant en flocculant

Figuur 4.17 laat een representatieve fractionering voor OB, CZV en P-totaal van de DAF unit zien tijdens een riooloverstort simulatie met toevoeging van een coagulant en flocculant.

Figuur 4.17: fractionering OB, CZV en P-totaal influent en eluaat DAF unit



Uit figuur 4.17 blijkt dat de DAF unit met toevoeging van coagulant en flocculant vrijwel alle fracties voor OB geheel verwijdert. Voor CZV zijn vrijwel alle deeltjes > 0,45 µm verwijderd en een klein deel van de deeltjes < 0,45 µm.

Voor P-totaal vindt verwijdering plaats in alle fracties. Door coagulatie vindt vrijwel volledige verwijdering van deeltjes < 0,45 µm plaats.

4.4.2.3 Slibbepalingen

Het flotatieslib van de DAF unit bestaat voor 60 volumeprocent uit lucht. Gedurende 10-30 minuten vindt er een afscheiding plaats tussen het slib en een waterlaag (centraat). De onderstaande resultaten zijn van het ontwaterde slib, waarbij de DAF unit zowel met als zonder toevoeging van chemicaliën is getest. In de figuur 4.18 is de ontwatering van het flotatieslib weergegeven.

Figuur 4.18: ontwatering flotatieslib na 15 min



Tabel 4.21: droge stofgehalte in flotatieslib en verdeling gloeirest en organische stof

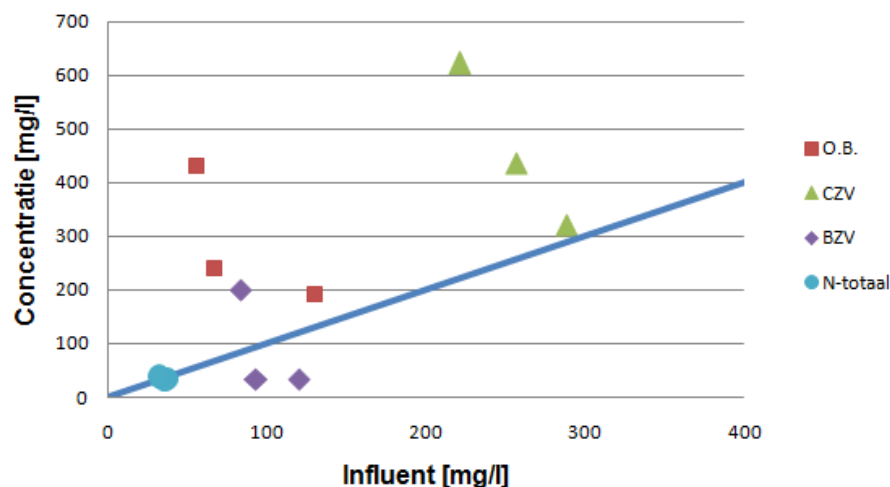
Datum analyse	Volume slib ten opzichte van behandeld afvalwater [l/m ³]	Droge stof t.o.v. natgewicht [%]	Gloeirest t.o.v. drooggewicht [%]	Massa anorganische stof [kg/m ³]	Massa organische stof [kg/m ³]
Zonder toevoeging coagulant en flocculant					
8-9-2011	n.b.	7,4	22	16	59
27-9-2011	n.b.	1,7	11	2	15
1-12-2011	4,5	4,6	10	5	42
Gemiddeld	4,5 [4,5 – 4,5]	4,6 [1,7 – 7,4]	14 [10 – 22]	8 [2-16]	39 [15-59]
Met toevoeging coagulant en flocculant					
11-7-2011	n.b.	3	32	10	21
21-11-2011	n.b.	2,3	37	9	15
29-11-2011	n.b.	4,4	36	16	29
6-12-2011	12	4,2	41	17	25
12-12-2011	42	3,7	29	11	26
15-12-2011	14	3,9	39	15	24
19-12-2011	40	4,6	36	17	30
20-12-2011	24	3,7	33	12	25
21-12-2011	n.b.	3,6	26	9	27
Gemiddeld	26 [12 – 42]	3,7 [2,3 – 4,6]	34 [26 – 41]	13 [9 – 17]	25 [15 – 30]

Uit de bovenstaande tabel blijkt dat het toevoegen van een coagulant en flocculant ten opzichte van het niet toevoegen:

- een stabiel maar lager droge stofgehalte in het slib geeft;
- de anorganische massa per m³ toeneemt;
- de organische massa m³ afneemt;
- het volume slib toeneemt.

Het bovenstaande geeft aan dat het slib wateriger/luchtiger is wanneer er een coagulant en flocculant toegevoegd wordt. Tegelijkertijd is de slibproductie toegenomen, wat een logisch gevolg is van de hogere verwijderingsrendementen op OB, CZV en P-totaal.

Figuur 4.19: influentconcentraties DAF unit en centraatconcentraties@ na ontwatering flotatieslib met toevoeging van coagulant en flocculant



Indien de datapunten boven de lijn in de figuur liggen, zijn de concentraties van de desbetreffende parameters hoger in het centraat van het flotatieslib dan in het influent. Hieruit volgt dat:

- het CZV-gehalte in het centraat hoger is dan het CZV-gehalte in het influent. Dit lijkt af te nemen bij een toename van het CZV in het influent. Dit is echter gebaseerd op 3 metingen en daarom kan hier nog niet over een verband gesproken worden;
- het OB gehalte in het centraat hoger is dan het OB gehalte in het influent;
- het BZV₅ gehalte in het centraat lager is dan het BZV₅ gehalte in het influent;
- het gehalte N-totaal in het centraat gelijk blijft ten opzichte van het influent.

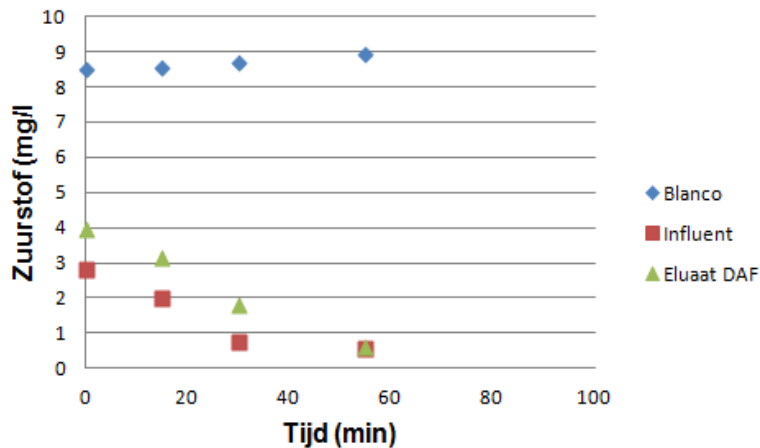
4.4.2.4 Zuurstofgehalte eluaat DAF unit

Een bijkomend effect van behandeling door middel van de DAF unit is de verhoging van het zuurstofgehalte in het afvalwater. Hierbij is onderscheid te maken tussen het wel of niet toevoegen van een coagulant en flocculant. Het zuurstofgehalte bij gebruik van een coagulant en flocculant is gedurende de proefperiode een aantal keer gemeten in de onderstaande waterstromen:

- Blanco (kraanwater);
- Influent (RWZI Eindhoven);
- Eluaat DAF unit;
- 25% influent en 75% oppervlakte water, als vergelijking met verhoudingen in praktijk bij overstort RBT;
- RWZI effluent.

In figuur 4.20 is het verloop van het zuurstofgehalte weergegeven van het influent, eluaat DAF en een referentiemeting (kraanwater) weergegeven, waarbij de DAF-unit zonder toevoeging van coagulatie en flocculatie is getest. Figuur 4.21 geeft het verloop van het zuurstofgehalte weer bij toevoeging van een coagulant en flocculant, waarbij zuurstofmetingen van het RWZI effluent en een opmenging van influent en oppervlaktewater zijn toegevoegd.

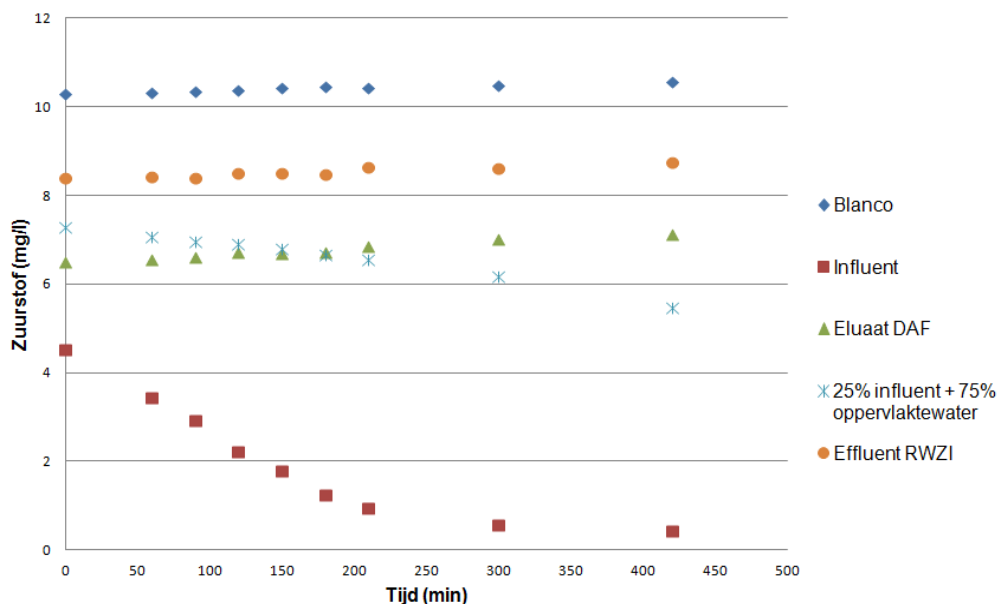
Figuur 4.20: zuurstofgehalte in de tijd bij DAF zonder coagulatie en flocculatie uitgezet tegen de tijd



Uit de resultaten weergegeven in figuur 4.20 blijkt dat:

- de DAF unit het zuurstofgehalte in het eluaat verhoogt met 1 mg/l;
- na 55 minuten het zuurstofgehalte in het eluaat van de DAF unit gelijk is aan het zuurstofgehalte in het influent;
- binnen een uur het zuurstofgehalte in zowel het influent als in het eluaat van de DAF unit rond 0,6 mg/l is, oftewel het eluaat van de DAF unit is net als het influent vrijwel zuurstofloos.

Figuur 4.21: zuurstofgehalte in (afval)waterstromen bij DAF met coagulatie en flocculatie uitgezet tegen de tijd



Uit figuur 4.21 is op te maken dat:

- de DAF-unit het zuurstofgehalte in het eluaat verhoogt met 2 mg/l ten opzichte van het behandelde influent. Hierbij zal het influent al een verhoogd zuurstofgehalte hebben ten opzichte van het influent

in de influentkelder doordat het al een aantal keer verpompt is, menging door het roerwerk in de mengbuffer en over een zeefbocht gestuurd is;

- na 7 uur het zuurstofgehalte in het eluaat van de DAF unit 0,6 mg/l hoger is dan het initieel gemeten het zuurstofgehalte van het eluaat;
- het zuurstofgehalte in het eluaat van de DAF unit niet afneemt gedurende de tijd;
- de trend voor blanco, eluaat DAF en effluent exact overeen komen. Hierbij verschilt enkel het initiële zuurstofgehalte;
- bij opmenging van influent en oppervlaktewater een daling van het zuurstofgehalte in de tijd plaatsvindt. Dit is bij benadering de mengverhouding van een overstort van de RBT in de praktijk met het effluent van de RWZI Eindhoven;
- na 3 uur het zuurstofgehalte in het influent < 0,5 mg/l is, oftewel vrijwel zuurstofloos.

De DAF kan veel CZV, BZV₅ en aanwezige biomassa uit riooloverstortwater verwijderen waardoor de aanwezige zuurstof in het eluaat maar langzaam wordt gebruikt een gunstig effect kan hebben op de zuurstofhuishouding in het oppervlaktewater.

4.5 Fijnzeef

4.5.1 Onderzoekperiodes met gebruikte procesinstellingen

In tabel 4.22 zijn de procesparameters weergegeven per onderzoeksperiode.

De analyses voor de fijnzeef, zonder toevoeging van een coagulant en flocculant, zijn onderverdeeld in debieten (continue of variabel) en in reguliere en overstortsituaties.

De analyses voor de fijnzeef, met toevoeging van een coagulant en flocculant, zijn onderverdeeld in coagulant doseringen (Me:PO₄-P), type polymeer en in reguliere en overstortsituaties. De hydraulische belasting is weergegeven als doekbelasting (m³/m² (effectief doekoppervlak) per uur) = (m/h).

Tabel 4.22: instellingen fijnzeef op simulatie ROS-lijn

Periode	Aantal metingen	DWA/RWA	Doek	Doekbelasting	Me:PO ₄ -P	Polymeer
			µm	m/h		ppm
1	14	Regulier	350	54 – 180	n.v.t.	n.v.t.
2	23	Regulier	158	22 – 70	n.v.t.	n.v.t.
3	16	Regulier	158	77 – 190	n.v.t.	n.v.t.
4	1	Overstort	350	60	n.v.t.	n.v.t.
5	4	Overstort	158	33-70	n.v.t.	n.v.t.
6	2	Overstort	158	115 – 144	n.v.t.	n.v.t.
7	16	Regulier	350	12 – 60	1,5 – 2,9	1 – 2,4
8	12	Regulier	158/350	22 – 44	1,7 – 2,0	2,5 – 5,0
9	9	Regulier	158	23	3,5	17
10	3	Overstort	158	23	1,7	5
11	2	Overstort	158	24	2 – 3,5	14 – 16,8

4.5.2 Bedrijfsvoering

Zonder coagulatie en flocculatie

Vanwege het lage aanvoerdebiet is de installatie op een dergelijke wijze ingesteld dat het doek start-stop draait om een filterkoek op te bouwen. Dit houdt in dat het filterdoek stopt met roteren bij een vooraf

ingestelde waarde van de waterlaag boven het filterdoek. Vanwege deze instellingen, schakelt de blower continu aan en uit. De soft-starter is hier niet op berekend, waardoor de soft-starter kapot gaat. Dit probleem is opgelost door de blower continu te laten draaien, met als gevolg dat dit resulteert in een hoger persluchtverbruik dan de installatie in de praktijk nodig zal hebben.

Vanaf oktober 2011 (periode 3 en 6) is het aanvoerdebiet verhoogd, hierdoor kan de fijnzeef continu draaien waarbij een koeklaag wordt opgebouwd.

- 1) Gedurende de proefperiode hebben verscheidene aanpassingen aan de installatie plaatsgevonden omdat er geringe koeklaagopbouw geconstateerd werd bij gebruik van een 350 μm doek en daardoor is het rendement op OB op RWZI Eindhoven lager dan op andere testlocaties;
- 2) Vanaf 15-6-2011 (periode 2, 3, 5, 6, 8 t/m 11) is een 158 μm doek geïnstalleerd voor een betere koeklaagopbouw. Bij het verhogen van het aanvoerdebiet naar 60 m^3/h heeft dit geleid tot een verbeterde koeklaagopbouw en verhoogde rendementen op OB;
- 3) In oktober 2011 is een 75 μm doek geïnstalleerd. Dit doek kon, als gevolg van de fijnheid van het doek, gedurende de testen op de rwzi Eindhoven niet voldoende gereinigd worden door middel van perslucht. Door de verhoogde weerstand maakt de installatie veel geluid. Hierdoor is het niet mogelijk geweest om met het 75 μm doek te testen binnen het proefonderzoek.

Met toevoeging van coagulant en flocculant

Het gebruik van een coagulant en flocculant heeft de volgende operationele problemen opgeleverd:

- 1) Slib is slecht ontwaterbaar. Een groot deel van het slib bevat dermate veel water dat de pers de ontwatering niet aan kan. Hierdoor wordt het slib via de afwaterleiding van de pers afgevoerd;
- 2) De polymeerdosering heeft een maximaal pompvermogen van 25 l/h. Hierdoor kan er niet voldoende polymeer toegevoegd worden bij debieten hoger dan 10 m^3/h ;
- 3) De leiding tussen de flocculatietank en fijnzeef bevat veel bochten en vernauwingen/verwijdingen. Daarnaast is de inlaatconstructie van de fijnzeef zodanig dat de gevormde vlokken kapot gaan door de turbulentie (ontstaan in het voorgaande traject waar het water onder de overstortgoot duikt, voordat het afvalwater boven de zeefband stroomt);
- 4) De menger van de flocculatietank heeft op een te hoge snelheid gedraaid. Dit is opgelost door een frequentieregeling te installeren;
- 5) De gevormde vlokken in de bovenste waterlaag boven het filterdoek hechten niet goed aan het filterdoek, waardoor de vlokken terugkeren in de bovenste waterlaag, waardoor zich boven het filterdoek een hogere concentratie aan vlokken voordoet dan in de flocculatietank. Uiteindelijk worden de vlokken verwijderd en neemt de concentratie niet ongelimiteerd toe. Hierdoor lijkt het alsof de opbouw van de koeklaag met name in het onderste gedeelte van het filterdoek plaatsvindt;
- 6) Gevormde vlokken slaan kapot in de aanvoer naar en in de fijnzeef. Hierdoor slaan kleinere vlokken door het filterdoek van de fijnzeef en door de overmaat aan polymeer worden grotere vlokken gevormd vanuit de kleine vlokken in het filtraat. Filtraatmonsters bevatten hierdoor veel OB;
- 7) Optimalisatie van de Me:PO₄-P verhouding naar 1,7 heeft geleid tot een verbeterd visueel resultaat, maar er vindt nog steeds vlokdoorslag plaats. De optimalisatie van de coagulatie en flocculatie staat verder omschreven in paragraaf 4.5.2.1;
- 8) Om de vlokdoorslag te voorkomen is een nieuwe polymeerpomp geïnstalleerd en de polymeerdosering en Me:PO₄-P verhouding zijn verhoogd van respectievelijk 5 naar 17 ppm en van 1,7 naar 3,5 om zodoende vlokdoorslag te voorkomen door stevigere vlokken te creëren. Hierbij is gebruik gemaakt van een kationisch polymeer;
- 9) Door vlokdoorslag treedt bezinking van slib op in de filtraatbuffer. Metingen in de filtraatbuffer zijn niet betrouwbaar. Hiertoe is er een monsterkraan aan de effluentkant van de fijnzeef gemonteerd;
- 10) CZV-metingen zijn onnauwkeuriger wanneer het monsterwater veel vlokken bevat;

- 11) De nozzels van de waterspoeling kunnen verstopt raken, als voor spoeling onvoldoende zuiver water wordt gebruikt, waardoor er onvoldoende reiniging van het filterdoek plaatsvindt. BWA heeft dit geconstateerd bij een proefopstelling van de fijnzeef in Leeuwarden. De proefinstallatie op RWZI Eindhoven heeft dit eveneens ondervonden;
- 12) Het 75 μm doek is te glad waardoor vlokken niet door het doek worden meegenomen. Hierdoor heeft opbouw van de gevormde vlokken plaatsgevonden in de bovenste waterlaag en is het doek gescheurd onder het gewicht van de vlokmassa.

4.5.2.1 Optimalisatie doseerinstellingen coagulatie en flocculatie

De hoeveelheden toegevoegde coagulant en flocculant hebben een grote invloed op de stabiliteit van de vlokken. Bij steekproeven is gebleken dat zowel er voor de coagulatie als voor de flocculatie een optimum is voor stabiele vlokken. Bij hogere of lagere doseerhoeveelheden worden de vlokken kleiner en slaan door het filterdoek. Dit leidt tot een afname van het rendement. In de onderstaande tabel zijn de steekproeven opgenomen. Het rendement op CZV is gekoppeld aan de rendementen op OB en is eveneens in tabel 4.23 opgenomen.

Tabel 4.23: steekproeven ter optimalisatie coagulatie en flocculatie fijnzeef

Test	Debiet (m ³ /h)	Me:PO ₄ -P	Polymeer (ppm)	Activiteit PE (%)	OB in (mg/l)	OB uit (mg/l)	Rendement OB (%)	Rendement CZV (%)
1	10	3,3	3,8	0,2	340	230	32	32
2	10	2,9	3,8	0,2	X	X	X	33
3	10	2,5	3,8	0,2	470	140	70	53
4	10	2,17	3,8	0,2	420	170	60	54
5	10	1,4	3,8	0,2	720	150	79	62
6	10	1,2	3,8	0,2	510	180	65	52
7	10	1,6	5,0	0,2	560	93	83	66
8	10	1,5	3,2	0,2	480	130	73	60
9	10	4,5	5,0	0,2	530	230	57	41
10	20	1,43	2,5	0,2	500	110	78	56

Uit tabel 4.23 blijkt dat:

- de optimale Me:PO₄-P verhouding 1,6 is;
- een Me:PO₄-P van 1,4 en 1,5 eveneens goede resultaten behalen;
- een doseerhoeveelheid van 5 ppm polymeer het beste verwijderingsrendement geeft.

Het is niet mogelijk geweest om te testen of het optimum in dosering hoger ligt dan 5 ppm polymeer. De polymeerpomp welke geïnstalleerd was voor 23-8-2011 kon maximaal 25 l/h verpompen. Bij de maximale stand van deze polymeerpomp kon bij een aanvoer van 10 m³/h 5 ppm polymeer gedoseerd worden.

Na de installatie van een doseerpomp met een grotere capaciteit was het mogelijk om vanaf 23-8-2011 17 ppm polymeer toe te voegen bij 10 m³/h aanvoer.

4.5.3 Verwijdering onopgeloste bestanddelen

4.5.3.1 Resultaten OB zonder toevoeging van coagulant en flocculant

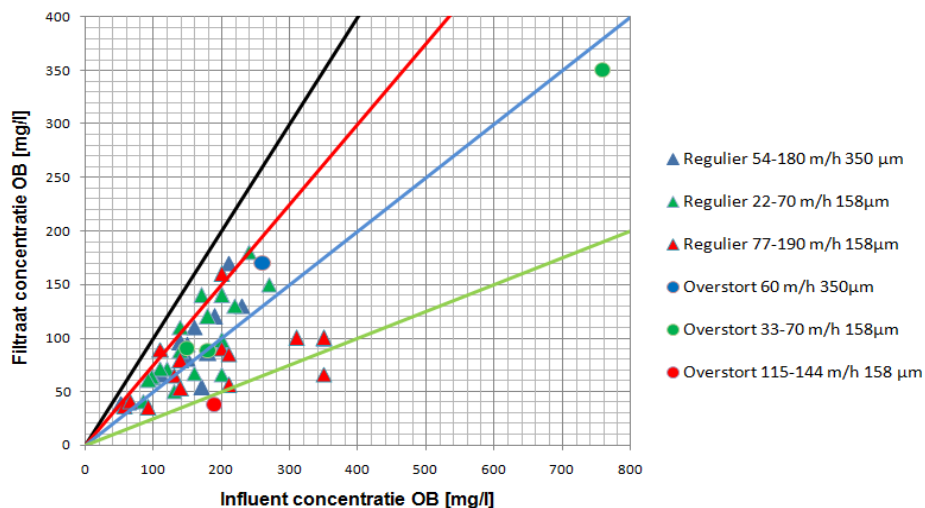
In deze paragraaf worden de resultaten van periode 1 t/m 6 besproken. Hierbij is de fijnzeef getest, zonder gebruik te maken van coagulant en flocculant. De resultaten voor de fijnzeef met toevoeging van coagulant en flocculant worden in paragraaf 4.5.3.2 besproken.

Tabel 4.24: influent- en filtraatconcentraties en rendementen op OB van de fijnzeef per onderzoeksperiode

Periode	Instellingen	Aantal metingen	OB influent gemiddeld [mg/l]	OB filtraat gemiddeld [mg/l]	Rendement OB gemiddeld [mg/l]
1	Regulier 54-180 m/h 350 µm	12	151 [53 – 230]	91 [39 – 170]	39 [19 – 68]
2	Regulier 22-70 m/h 158 µm	20	170 [85 – 350]	97 [41 – 180]	41 [18 – 72]
3	Regulier 77-190 m/h 158 µm	14	183 [57 – 350]	75 [35 – 160]	53 [19 – 81]
4	Overstort 60 m/h 350 µm	1	260 [260 – 260]	170 [170 – 170]	35 [35 – 35]
5	Overstort 33-70 m/h 158 µm	2	165 [150 – 180]	89 [88 – 90]	46 [40 – 51]
6	Overstort 115-144 m/h 158 µm	1	190 [190 – 190]	38 [38 – 38]	80 [80 – 80]

Figuur 4.22 geeft de influent- en filtraatconcentraties OB weer van de fijnzeef. De plaats van de datapunten tussen de gekleurde lijnen geeft een indicatie van het rendement.

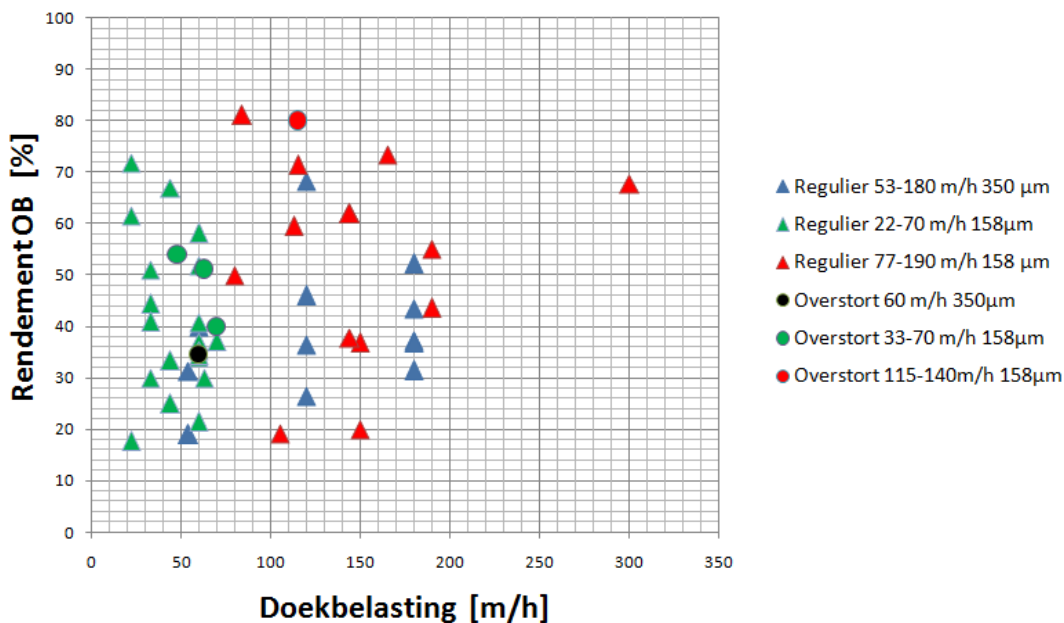
Figuur 4.22: OB-verwijdering ROS-lijn fijnzeef — = 0% verwijdering — = 25% verwijdering — = 50% verwijdering — = 75% verwijdering



Uit de resultaten voor OB voor de fijnzeef blijkt dat:

- de spreiding in ingaande OB concentraties groot is en varieert tussen de 53 en 350 mg/l en in verwijderingsrendementen met 18 - 80%;
- het gebruik van een 158 µm filterdoek gecombineerd met een hogere doekbelasting (> 77 m/h) een verbetering in gemiddeld verwijderingsrendement (53%) oplevert ten opzichte van een laag belast filterdoek van 158 µm (41%) en een 350 µm doek (39%);
- bij overstort situaties van onderzoeksperiodes 4 en 5 de gemiddelde verwijderingsrendementen voor OB gelijk zijn aan dezelfde instellingen bij reguliere situaties;
- onderzoeksperiode 6 een veel hoger verwijderingsrendement (80%) geeft bij overstortsituaties dan de overige onderzoeksperiodes. Het betreft één enkele meting en kan daardoor niet direct vergeleken worden met de overige onderzoeksperiodes. Het verwijderingsrendement is echter hoger dan de maximale waarden van de andere overstortperiodes en geeft daarmee een indicatie dat deze instelling een verbetering op zal leveren ten opzichte van onderzoeksperiodes 4 en 5.

Figuur 4.23: hydraulische doekbelasting uitgezet tegen rendement OB ROS-lijn fijnzeef



Uit figuur 4.23 blijkt dat:

- er per periode een grote spreiding in verwijderingsrendement op OB is bij een gelijke doekbelasting;
- in de lage range van doekbelasting (tot 60 m/h) periode 1 (350 µm filterdoek) een lager rendement voor OB geeft dan periode 2 (158 µm filterdoek);
- bij gebruik van een 158 µm filterdoek bij hoge doekbelastingen de rendementen voor OB hoger zijn ten opzichte van een 350 µm filterdoek;
- er geen trend zichtbaar is tussen een toenemende doekbelasting en het rendement.

4.5.3.2 Resultaten OB met toevoeging van coagulant en flocculant

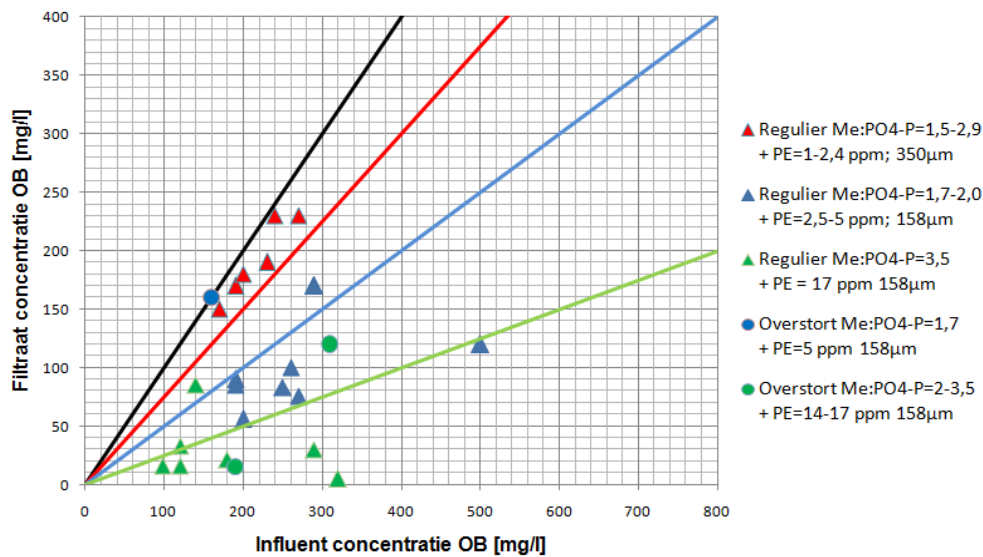
In deze paragraaf worden de resultaten van periode 7 t/m 11 besproken. Hierbij is de fijnzeef getest met toevoeging van coagulant en flocculant.

Tabel 4.25: influent en filtraatconcentraties OB van de fijnzeef per onderzoeksperiode

Periode	Instellingen	Aantal metingen	OB influent gemiddeld [mg/l]	OB filtraat gemiddeld [mg/l]	Rendement OB gemiddeld [mg/l]
7	Regulier Me:PO ₄ -P = 1,5 - 2,9 + PE = 1 - 2,4 ppm; 350 µm	7	227 [170 – 290]	189 [150 – 230]	16 [4 – 41]
8	Regulier Me:PO ₄ -P = 1,7 - 2,0 + PE = 2,5 - 5 ppm; 350/158 µm	8	269 [190 – 500]	95 [56 – 170]	62 [41 – 76]
9	Regulier Me:PO ₄ -P = 3,5 + PE = 17 ppm 158 µm	6	188 [98 – 320]	20 [5 – 33]	87 [73 – 99]
10	Overstort Me:PO ₄ -P = 1,7 + PE = 5 ppm 158 µm	1	160 [160 – 160]	160 [160 – 160]	0 [0 – 0]
11	Overstort Me:PO ₄ -P = 2 - 3,5 + PE = 14 - 17 ppm 158 µm	2	250 [190 – 310]	68 [15 – 120]	77 [61 – 92]

Figuur 4.24 geeft de influent en filtraatconcentraties OB weer van de fijnzeef. De plaats van de datapunten tussen de gekleurde lijnen geeft een indicatie van het rendement.

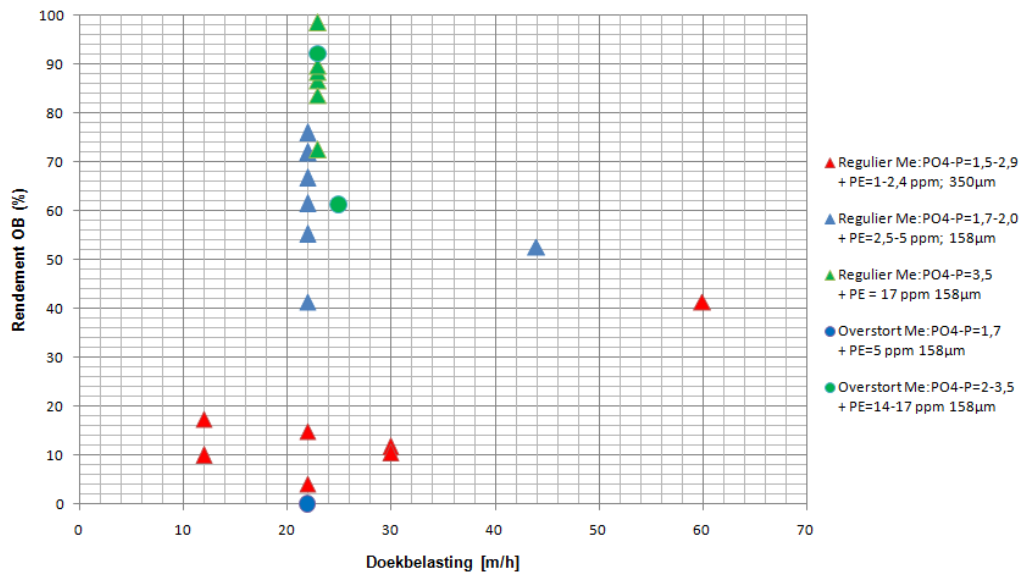
Figuur 4.24: OB-verwijdering ROS-lijn fijnzeef — = 0% verwijdering — = 25% verwijdering — = 50% verwijdering — = 75% verwijdering



Uit de resultaten voor OB bij toepassing van de fijnzeef blijkt dat:

- de spreiding in ingaande OB concentraties groot is en varieert tussen de 98 en 500 mg/l en de spreiding in de verwijderingsrendementen varieert tussen 4 - 99%;
- de spreiding in filtraatconcentraties OB bij onderzoeksperiode 7 en 8 groot is waarbij het onderlinge verschil tussen de onderzoeksperiodes groot is;
- periode 7 de laagste verwijderingsrendementen met een gemiddeld rendement van 16% behaalt en de hoogste filtraatconcentraties overhoudt;
- periode 8 een gemiddeld rendement van 62% behaalt met een gemiddelde filtraatconcentratie die half zo groot is als die in periode 7;
- de instellingen van periode 9 en 11 de laagste gemiddelde en stabiele filtraatconcentratie en het hoogste gemiddelde rendement, van respectievelijk 87% en 77%, behalen op OB voor respectievelijk reguliere –en overstortsituaties. Bij deze instelling wordt een factor 3 meer aan polymeer en een factor 2 meer aan coagulant gebruikt ten opzichte van periode 9;
- periode 10 één meting betreft. Gedurende deze overstortsituatie is het niet gelukt een goede flocculatie te bereiken, waardoor de (te kleine) vlokken niet door het filterdoek afgevangen waren.
- er geen trend zichtbaar is tussen een toenemende influentconcentratie en het verwijderingsrendement.

Figuur 4.25: hydraulische doekbelasting uitgezet tegen rendement OB ROS-lijn fijnzeef



Uit de resultaten weergegeven in de bovenstaande figuur blijkt dat:

- het niet mogelijk was om met de fijnzeef een brede range aan doekbelastingen te testen bij toevoeging van coagulant en flocculant. Dit komt doordat de turbulentie in de aanvoer- en inlaatconstructie te hoog was, waardoor pasgevormde vlokken kapot geslagen werden;
- uit de bovenstaande figuur geen trend op te maken is tussen een toenemende doekbelasting en het rendement op OB.

4.5.4 Verwijdering CZV

4.5.4.1 Resultaten CZV zonder toevoeging van coagulant en flocculant

In deze paragraaf worden de resultaten van periode 1 t/m 6 besproken. Hierbij is de fijnzeef getest zonder toevoeging van een coagulant en flocculant. De resultaten voor de fijnzeef met toevoeging van een coagulant en flocculant worden in paragraaf 4.5.4.2 besproken.

Tabel 4.26: influent- en filtraatconcentraties en rendementen op CZV van de fijnzeef per onderzoeksperiode

Periode	Instellingen	Aantal metingen	CZV influent gemiddeld	CZV filtraat gemiddeld	Rendement CZV gemiddeld
			[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
1	Regulier 54 - 180 m/h 350 µm	10	425 [261 – 652]	347 [198 – 527]	18 [10 – 24]
2	Regulier 22 - 70 m/h 158 µm	17	433 [259 – 688]	352 [323 – 514]	17 [3 – 36]
3	Regulier 77 -190 m/h 158 µm	11	456 [173 – 689]	297 [86 – 497]	36 [13 – 58]
4	Overstort 60 m/h 350 µm	1	696 [696 – 696]	559 [559 – 559]	20 [20 – 20]
5	Overstort 33 - 70 m/h 158 µm	3	274 [197 – 363]	183 [134 – 249]	33 [31 – 37]
6	Overstort 115 - 144 m/h 158 µm	2	369 [336 – 401]	265 [221 – 309]	29 [23 – 34]

Uit de resultaten voor CZV-verwijdering bij toepassing van de fijnzeef blijkt dat:

- de spreiding in ingaande CZV-concentraties net als die in OB-concentraties erg groot is en varieert tussen de 173 en 696 mg/l en dat de verwijderingsrendementen variëren tussen 3 - 58%;

- in de reguliere situatie het gebruik van een 158 µm filterdoek gecombineerd met een hogere doekbelasting (> 77 m/h) een hoger gemiddeld verwijderingsrendement (36%) oplevert dan een laag belast filterdoek van 158 µm (17%) en een 350 µm doek (18%);
- de gemiddelde verwijderingsrendementen van onderzoeksperiode 5 hoger zijn dan de overige onderzoeksperiodes bij overstortsituaties. Dit is te verklaren door het lage aantal analyses dat op overstortsituaties is uitgevoerd en de variabele afvalwatersamenstelling gedurende overstortsituaties;
- bij overstortsituaties de gemiddelde influentconcentraties lager zijn dan bij reguliere situaties (uitgezonderd de enkele meting van periode 4).

Tabel 4.27: influent- en filtraatconcentraties en rendementen op CZV > 10 µm van de fijnzeef per onderzoeksperiode

Periode	Instellingen	Aantal metingen	CZV > 10 µm influent gemiddeld [mg/l]	CZV > 10 µm filtraat gemiddeld [mg/l]	Rendement CZV > 10 µm gemiddeld [mg/l]
1	Regulier 54 - 180 m/h 350 µm	11	176 [86 – 316]	104 [36 – 203]	41 [18 – 58]
2	Regulier 22 - 70 m/h 158 µm	16	180 [259 – 388]	108 [64 – 295]	38 [9 – 65]
3	Regulier 77 - 190 m/h 158 µm	6	245 [121 – 371]	109 [43 – 169]	56 [46 – 65]
4	Overstort 60 m/h 350 µm	1	267 [267 – 267]	210 [210 – 210]	21 [21 – 21]
5	Overstort 33 - 70 m/h 158 µm	3	150 [115 – 170]	52 [43 – 66]	65 [61 – 72]
6	Overstort 115 - 144 m/h 158 µm	2	220 [146 – 293]	66 [46 – 85]	63 [42 – 84]

Uit de resultaten voor CZV > 10 µm bij toepassing van de fijnzeef blijkt dat:

- de spreiding in verwijderingsrendementen voor CZV > 10 µm erg groot is en varieert tussen de 9 en 84%;
- onderzoeksperiode 3 het hoogste verwijderingsrendement bij reguliere situaties (56%) op CZV > 10 µm behaalt, net als voor de CZV-totaal verwijdering;
- periode 1 en 2 vergelijkbare gemiddelde filtraatconcentraties en verwijderingsrendementen behalen bij gelijke gemiddelde influentconcentraties;
- bij overstortsituaties het 158 µm filterdoek gelijk presteert bij zowel een lage (onderzoeksperiode 5) als een hoge (onderzoeksperiode 6) doekbelasting;
- bij overstortsituaties (periode 5 en 6) het rendement op CZV > 10 µm hoger is dan bij reguliere situaties (uitgezonderd de enkele meting in periode 4);
- bij vergelijking met de resultaten van CZV totaal in tabel 4.26 de verhouding CZV > 10 µm bij overstortsituaties hoger (> 50 %) is dan bij reguliere situaties (< 50 %). Hierdoor is het verwijderingsrendement op CZV > 10 µm bij overstortsituaties hoger dan bij reguliere situaties;
- het 350 µm filterdoek bij overstortsituaties een lager verwijderingsrendement behaalt dan het 350 µm filterdoek bij reguliere situaties (dit betreft één meting). Dit is te verklaren doordat de verhouding CZV > 10 µm ten opzichte van het CZV totaal lager is dan bij de overige overstortsituaties.

4.5.4.2 CZV-verwijdering met toevoeging van coagulant en flocculant

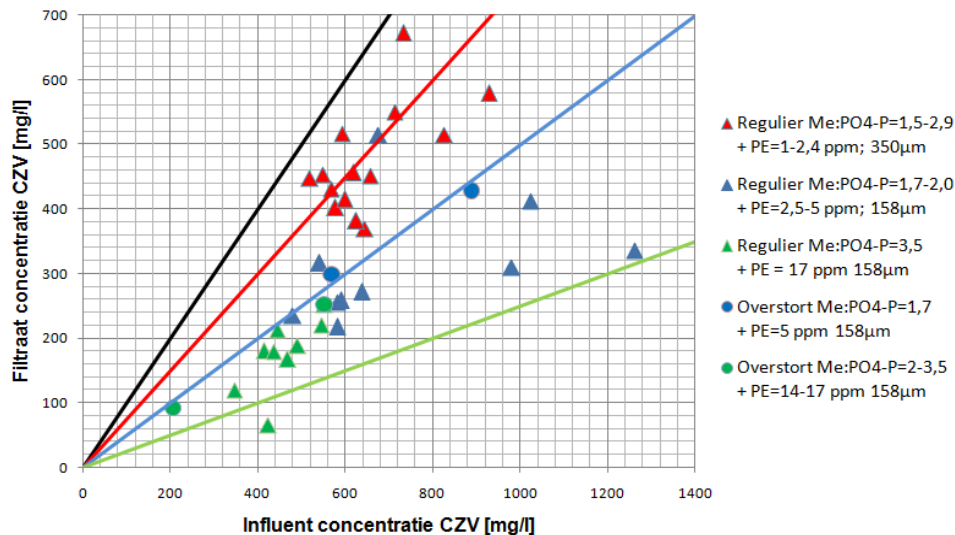
In deze paragraaf worden de resultaten van periode 7 t/m 11 besproken. Hierbij is de fijnzeef getest met toevoeging van coagulant en flocculant.

Tabel 4.28: influent- en filtraatconcentraties en rendementen op CZV van de fijnzeef per onderzoeksperiode bij toevoeging van coagulant en flocculant

Periode	Instellingen	Aantal metingen	CZV influent gemiddeld [mg/l]	CZV filtraat gemiddeld [mg/l]	Rendement CZV gemiddeld [mg/l]
7	Regulier Me:PO ₄ -P = 1,5 - 2,9 + PE = 1 - 2,4 ppm; 350 µm	14	653 [518 – 928]	474 [369 – 672]	27 [8 – 43]
8	Regulier Me:PO ₄ -P = 1,7 - 2,0 + PE = 2,5 - 5 ppm; 350/158 µm	10	735 [479 – 1262]	312 [217 – 515]	55 [24 – 73]
9	Regulier Me:PO ₄ -P = 3,5 + PE = 17 ppm 158 µm	8	446 [346 – 545]	166 [66 – 220]	63 [52 – 84]
10	Overstort Me:PO ₄ -P = 1,7 + PE = 5 ppm 158 µm	3	729 [569 – 889]	363 [298 – 428]	50 [48 – 52]
11	Overstort Me:PO ₄ -P = 2 - 3,5 + PE = 14 - 17 ppm 158 µm	2	350 [207 – 493]	135 [92 – 177]	60 [56 – 64]

Figuur 4.26 geeft de influent- en filtraatconcentraties CZV weer van de fijnzeef. De plaats van de datapunten tussen de gekleurde lijnen geeft een indicatie van het rendement.

Figuur 4.26: CZV-verwijdering ROS-lijn fijnzeef — = 0% verwijdering — = 25% verwijdering — = 50% verwijdering — = 75% verwijdering



Uit de resultaten voor CZV bij toepassing van de fijnzeef blijkt dat:

- de spreiding in ingaande CZV-concentraties net als die in OB-concentraties erg groot is en varieert tussen de 207 en 1262 mg/l en dat de verwijderingsrendementen variëren tussen 8 - 84%;
- periode 7 de laagste verwijderingsrendementen met een gemiddeld rendement van 27% behaalt en de hoogste filtraatconcentraties overhoudt;
- de instellingen van onderzoeksperiode 8 en 10 gemiddelde verwijderingsrendementen van respectievelijk 55% en 50% behalen op CZV voor respectievelijk reguliere en overstortsituaties. Dit is globaal 10% lager dan onderzoeksperiode 9 en 11;
- de instellingen van onderzoeksperiode 9 en 11 de laagste en stabielste gemiddelde filtraatconcentratie en het hoogste gemiddelde verwijderingsrendement van respectievelijk 63% en 60% behalen op CZV voor respectievelijk reguliere en overstortsituaties. Bij deze 2 perioden wordt een factor 3 meer aan polymeer en een factor 2 meer aan coagulant gebruikt ten opzichte van periode 9;

- periode 8 en 9 weinig verschillen in verwijderingsrendement op de uitschieters na (figuur 3.29). In tegenstelling tot OB dragen de verhoogde doseerhoeveelheden coagulant en flocculant van periode 9 minder bij aan de verwijdering van CZV;
- er geen trend zichtbaar is tussen een toenemende influentconcentratie en het verwijderingsrendement.

Tabel 4.29: influent- en filtraatconcentraties en rendementen op CZV > 10 µm fijnzeef per onderzoeksperiode

Periode	Instellingen	Aantal metingen	CZV > 10 µm influent gemiddeld [mg/l]	CZV > 10 µm filtraat gemiddeld [mg/l]	Rendement CZV > 10 µm gemiddeld [mg/l]
7	Regulier Me:PO ₄ -P = 1,5 - 2,9 + PE = 1 - 2,4 ppm; 350 µm	9	311 [250 – 516]	219 [126 – 316]	28 [1 – 60]
8	Regulier Me:PO ₄ -P = 1,7 - 2,0 + PE = 2,5 - 5 ppm; 350/158 µm	9	387 [194 – 916]	85 [11 – 168]	77 [62 – 95]
9	Regulier Me:PO ₄ -P = 3,5 + PE = 17 ppm 158 µm	7	215 [145 – 345]	32 [9 – 66]	85 [65 – 94]
10	Overstort Me:PO ₄ -P = 1,7 + PE = 5 ppm 158 µm	2	340 [219 – 416]	90 [78 – 101]	71 [64 – 78]
11	Overstort Me:PO ₄ -P = 2 - 3,5 + PE = 14 - 17 ppm 158 µm	2	180 [146 – 214]	38 [13 – 63]	76 [57 – 94]

Uit de resultaten voor CZV > 10 µm bij toepassing van de fijnzeef blijkt dat:

- de spreiding in verwijderingsrendementen erg groot is afhankelijk van de gebruikte instellingen en varieert tussen 1 - 95%;
- periode 7 de laagste verwijderingsrendementen met een gemiddeld rendement van 28% behaalt;
- de instellingen van onderzoeksperioden 8 en 10 gemiddelde verwijderingsrendementen van respectievelijk 77% en 71% behalen op CZV > 10 µm voor respectievelijk reguliere en overstortsituaties welke met globaal 5 - 10% lager zijn dan de rendementen van onderzoeksperiode 9 en 11;
- de instellingen van periode 9 en 11 de laagste gemiddelde filtraatconcentratie en het hoogste gemiddelde rendement van respectievelijk 85% en 76% behalen op CZV voor respectievelijk reguliere en overstortsituaties.
- de doseerinstellingen van onderzoeksperioden 8 en 9 het grootste gedeelte van het filtreerbare CZV > 10 µm verwijderen;
- de gemiddelde influentconcentraties CZV > 10 µm gedurende periode 9 en 11 lager zijn dan bij de overige periodes. Bij lagere belastingen functioneren de instellingen goed.

4.5.5 Verwijdering P-totaal

4.5.5.1 Verwijdering P-totaal zonder toevoeging van coagulant en flocculant

In deze paragraaf worden de resultaten van periode 1 t/m 6 besproken. Hierbij is de fijnzeef getest zonder toevoeging van een coagulant en flocculant. De resultaten voor de fijnzeef met toevoeging van een coagulant en flocculant zijn in paragraaf 4.5.5.2 behandeld.

Tabel 4.30: influent- en filtraatconcentraties en rendementen op P-totaal van de fijnzeef per onderzoeksperiode

Periode	Instellingen	Aantal metingen	P-totaal influent gemiddeld	P-totaal filtraat gemiddeld	Rendement P-totaal gemiddeld
			[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
1	Regulier 54 - 180 m/h 350 µm	9	6,9 [2,9 – 11,7]	6,5 [2,7 – 11,3]	5 [0 – 11]
2	Regulier 22 - 70 m/h 158 µm	16	8,1 [4,6 – 11,0]	7,5 [4,4 – 10,8]	7 [0 – 21]
3	Regulier 77 - 190 m/h 158 µm	12	6,0 [1,6 – 9,4]	5,5 [1,4 – 9,3]	8 [0 – 30]
4	Overstort 60 m/h 350 µm	1	11,9 [11,9 – 11,9]	9,8 [9,8 – 9,8]	17 [17 – 17]
5	Overstort 33 - 70 m/h 158 µm	2	3,1 [2,2 – 4,0]	2,8 [2,0 – 3,6]	10 [10 – 11]
6	Overstort 115 - 144 m/h 158 µm	2	4,4 [3,5 – 5,3]	4,0 [3,2 – 4,7]	10 [9 – 11]

Uit de resultaten voor P-totaal bij toepassing van de fijnzeef blijkt dat:

- de spreiding in ingaande P-totaal concentraties is net als die in OB- en CZV-concentraties erg groot is en varieert tussen de 2,2 en 11,9 mg/l. De spreiding in de verwijderingsrendementen is 0 – 30%;
- de verwijderingsrendementen voor P-totaal bij reguliere situaties vergelijkbaar zijn, met 5 – 8%.
- de verwijderingsrendementen voor P-totaal bij overstortsituaties globaal 5 – 10% hoger zijn dan bij reguliere situaties;
- onderzoeksperiode 4 één enkele meting met een hoge ingaande concentratie P-totaal betreft en hierdoor niet direct vergeleken kan worden met de overige perioden;
- de influentconcentraties van de overige overstortsituaties lager zijn dan de influentconcentraties bij reguliere situaties;

4.5.5.2 Verwijdering van P-totaal met toevoeging van coagulant en flocculant

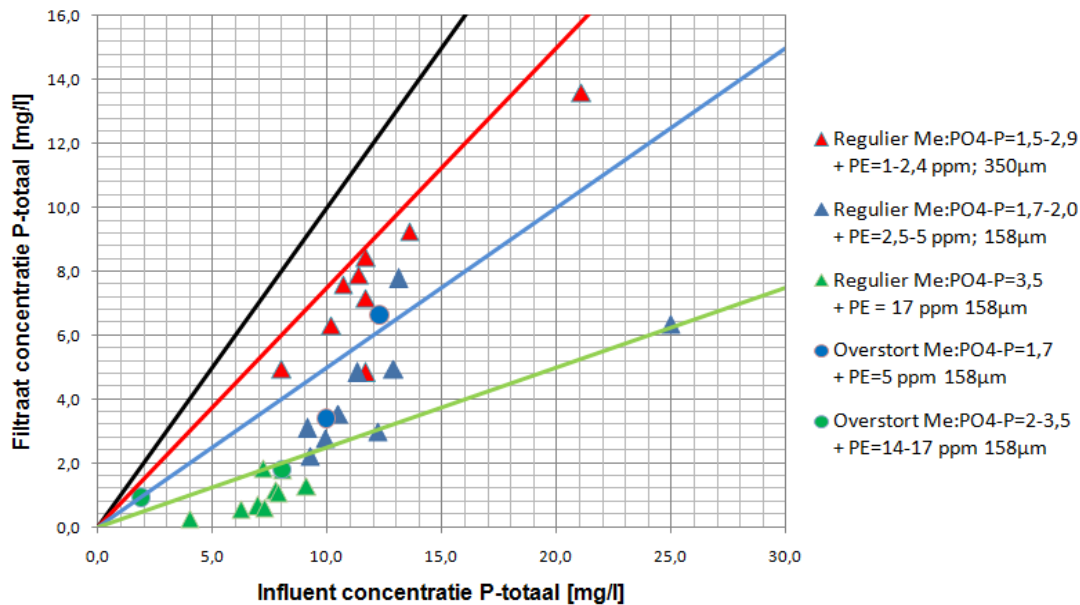
In deze paragraaf worden de resultaten van periode 7 t/m 11 besproken. Hierbij is de fijnzeef getest met toevoeging van coagulant en flocculant.

Tabel 4.31: influent- en filtraatconcentraties en rendementen op P-totaal van de fijnzeef per onderzoeksperiode

Periode	Instellingen	Aantal metingen	P-totaal influent gemiddeld	P-totaal filtraat gemiddeld	Rendement P-totaal gemiddeld
			[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
7	Regulier Me:PO ₄ -P = 1,5 - 2,9 + PE = 1 - 2,4 ppm; 350 µm	9	12,2 [8,0 – 21,1]	7,8 [4,8 – 13,6]	37 [28 – 59]
8	Regulier Me:PO ₄ -P = 1,7 - 2,0 + PE = 2,5 - 5 ppm; 350/158 µm	9	12,6 [9,1 – 25,0]	4,3 [2,2 – 7,8]	66 [41 – 76]
9	Regulier Me:PO ₄ -P = 3,5 + PE = 17 ppm 158 µm	8	7,1 [4,0 – 9,1]	0,9 [0,2 – 1,8]	87 [75 – 94]
10	Overstort Me:PO ₄ -P = 1,7 + PE = 5 ppm 158 µm	2	11,2 [10,0 – 12,3]	5,0 [3,4 – 6,6]	56 [46 – 66]
11	Overstort Me:PO ₄ -P = 2 - 3,5 + PE = 14 - 17 ppm 158 µm	2	5,2 [1,9 – 8,5]	0,7 [0,4 – 0,9]	74 [52 – 95]

Figuur 4.27 geeft de influent- en filtraatconcentraties P-totaal weer van de fijnzeef. De plaats van de datapunten tussen de gekleurde lijnen geeft een indicatie van het rendement.

Figuur 4.27: P-totaal verwijdering ROS-lijn fijnzeef — = 0% verwijdering — = 25% verwijdering — = 50% verwijdering — = 75% verwijdering



Uit de resultaten voor P-totaal bij toepassing van de fijnzeef blijkt dat:

- de spreiding in verwijderingsrendementen net als bij OB- en CZV-verwijdering erg groot is (28 – 94%), afhankelijk van de gebruikte instellingen;
- periode 7 de laagste verwijderingsrendementen met een gemiddeld rendement van 37% behaalt en de hoogste filtraatconcentraties overhoudt;
- de instellingen van onderzoeksperioden 8 en 10 een gemiddeld verwijderingsrendement van respectievelijk 66% en 56% behalen op P-totaal voor respectievelijk reguliere en overstortsituaties. Dit is globaal 20% lager dan onderzoeksperioden 9 en 11;
- de instellingen van periode 9 en 11 de laagste en stabielste gemiddelde filtraatconcentratie en het hoogste gemiddelde rendement van respectievelijk 87% en 74% behalen op P-totaal voor respectievelijk reguliere en overstortsituaties;
- de verwijderingsrendementen voor P-totaal bij overstortsituaties globaal 5 – 10% lager zijn dan bij reguliere situaties in tegenstelling tot de CZV-verwijdering, waarvan het rendement bij overstortsituaties 10% hoger is;
- er geen trend zichtbaar is tussen een toenemende influentconcentratie en het verwijderingsrendement.

Tabel 4.32: influent- en filtraatconcentraties en rendementen op P-totaal > 10 µm van de fijnzeef per onderzoeksperiode

Periode	Instellingen	Aantal metingen	P-tot > 10 µm influent gemiddeld [mg/l]	P-tot > 10 µm filtraat gemiddeld [mg/l]	Rendement P-tot > 10 µm gemiddeld [mg/l]
7	Regulier Me:PO ₄ -P = 1,5 - 2,9 + PE = 1 - 2,4 ppm; 350 µm	8	4,2 [1,5 – 8,5]	6,1 [3,5 – 10,8]	-58 [-158 – 19]
8	Regulier Me:PO ₄ -P = 1,7 - 2,0 + PE = 2,5 - 5 ppm; 350/158 µm	9	3,9 [2,1 – 10,0]	2,9 [1,6 – 5,5]	17 [-51 – 64]
9	Regulier Me:PO ₄ -P = 3,5 + PE = 17 ppm 158 µm	6	1,6 [0,9 – 2,3]	0,5 [0,1 – 0,9]	67 [46 – 93]
10	Overstort Me:PO ₄ -P = 1,7 + PE = 5 ppm 158 µm	3	1,8 [1,6 – 2,1]	2,6 [2,4 – 2,8]	-41 [-48 – -35]
11	Overstort Me:PO ₄ -P = 2 - 3,5 + PE = 14 - 17 ppm 158 µm	2	2,0 [1,4 – 2,7]	0,5 [0,2 – 0,8]	66 [41 – 91]

Uit de resultaten voor P-totaal > 10 µm bij toepassing van de fijnzeef blijkt dat:

- de spreiding in verwijderingsrendementen voor P-totaal > 10 µm erg groot is met -158 - 93% in tegenstelling tot de verwijderingsrendementen voor CZV > 10 µm;
- bij periode 7, 8 en 10 negatieve verwijderingsrendementen voorkomen. Bij periode 7 en 10 resulteert dit in een toename van de gemiddelde filtraatconcentratie voor P-totaal > 10 µm. Dit is te verklaren door de coagulatie van PO₄. Doordat deze fractie geheel geocoaguleerd wordt (tabel 4.33) tot P-totaal > 10 µm en vervolgens niet geheel verwijderd wordt door de fijnzeef, resulteert dit in een lagere verwijdering en in een aantal gevallen tot negatieve rendementen op P-totaal > 10 µm ten opzichte van P-totaal. De negatieve rendementen voor P-totaal > 10 µm bevestigen dat er vlokdoorslag plaatsvindt, zoals in paragraaf 4.5.2 is aangegeven;
- de instellingen van perioden 9 en 11 geen negatieve verwijderingsrendementen op P-totaal > 10 µm geven. Deze perioden behalen de hoogste gemiddelde verwijderingsrendementen op P-totaal > 10 µm van respectievelijk 67% en 66% en een gemiddelde filtraatconcentratie van 0,5 mg/l P-totaal > 10 µm.

Tabel 4.33: influent- en filtraatconcentraties en rendementen op PO₄ van de fijnzeef per onderzoeksperiode

Periode	Instellingen	Aantal metingen	PO ₄ influent gemiddeld [mg/l]	PO ₄ filtraat gemiddeld [mg/l]	Rendement PO ₄ gemiddeld [mg/l]
7	Regulier Me:PO ₄ -P=1,5-2,9 + PE=1-2,4 ppm; 350 µm	5	6,1 [7,4 – 4,3]	1,4 [0,1 – 0,6]	94 [86 – 99]
8	Regulier Me:PO ₄ -P=1,7-2,0 + PE=2,5-5 ppm; 350/158 µm	10	6,3 [4,9 – 8,1]	0,4 [0,1 – 1,2]	94 [85 – 99]
9	Regulier Me:PO ₄ -P= 3,5 + PE = 17 ppm 158 µm	7	4,5 [1,5 – 6,0]	0,1 [0,1 – 0,4]	98 [94 – 99]
10	Overstort Me:PO ₄ -P=1,7 +PE=5 ppm 158 µm	3	5,9 [0,9 – 10,7]	0,2 [0,1 – 0,5]	96 [94 – 98]
11	Overstort Me:PO ₄ -P=2-3,5 + PE=14-17 ppm 158 µm	2	3,1 [0,3 – 5,9]	0,0 [0,0 – 0,1]	97 [96 – 99]

Uit de resultaten van PO₄ in tabel 4.33 voor de diverse onderzoeksperiodes blijkt dat:

- de spreiding in ingaande PO₄-concentraties net als die in OB, CZV en P-totaal concentraties erg groot is en varieert tussen de 0,3 en 10,7 mg/l, maar de spreiding in verwijderingsrendementen van 85 - 99% klein is;

- PO_4 vrijwel volledig verwijderd wordt met gemiddeld 98 – 99%. Dit geeft aan dat de coagulatie goed is, bijna al het aanwezige PO_4 wordt gecoaguleerd;
- de verwijderingsrendementen op PO_4 geen significante verschillen vertonen tussen de diverse onderzoeksperiodes en tussen reguliere–en overstortsituaties;
- de gemiddelde influentconcentratie bij overstortsituaties iets lager is dan bij reguliere situaties.

4.5.6 Verwijdering stikstof

4.5.6.1 Verwijdering stikstof zonder toevoeging van coagulant en flocculant

Tabel 4.34: influent- en filtraatconcentraties en rendementen op stikstof van de fijnzeef

Parameter	Aantal metingen	Influent gemiddeld [mg/l]	Filtraat gemiddeld [mg/l]	Rendement gemiddeld [%]
N-totaal	4	34 [20 – 46]	30 [17 – 41]	11 [9 – 13]
NH_4	4	23 [8 – 37]	21 [8 – 33]	7 [1 – 11]
N-organisch	4	10 [2 – 17]	8 [1 – 15]	18 [11 – 24]

Uit de resultaten in tabel 4.34 blijkt dat:

- de fijnzeef geen NH_4 kan verwijderen. Bij verwijderingspercentages in deze orde van heeft de meetonnauwkeurigheid een grote invloed. Een andere verklaring is absorptie van NH_4 in de filterkoek;
- de fijnzeef gemiddeld een rendement van 18% behaalt op N-organisch en de verwijdering van N-totaal hierdoor wordt veroorzaakt.

4.5.6.2 Verwijdering stikstof met toevoeging van coagulant en flocculant

Tabel 4.35: influent en filtraatconcentraties en rendementen op stikstof van de fijnzeef

Parameter	Aantal metingen	Influent gemiddeld [mg/l]	Filtraat gemiddeld [mg/l]	Rendement gemiddeld [%]
N-totaal	4	43 [20 – 57]	36 [17 – 48]	13 [5 – 22]
NH_4	4	31 [13 – 46]	30 [13 – 44]	6 [3 – 11]
N-organisch	4	10 [6 – 13]	6 [3 – 11]	43 [14 – 68]

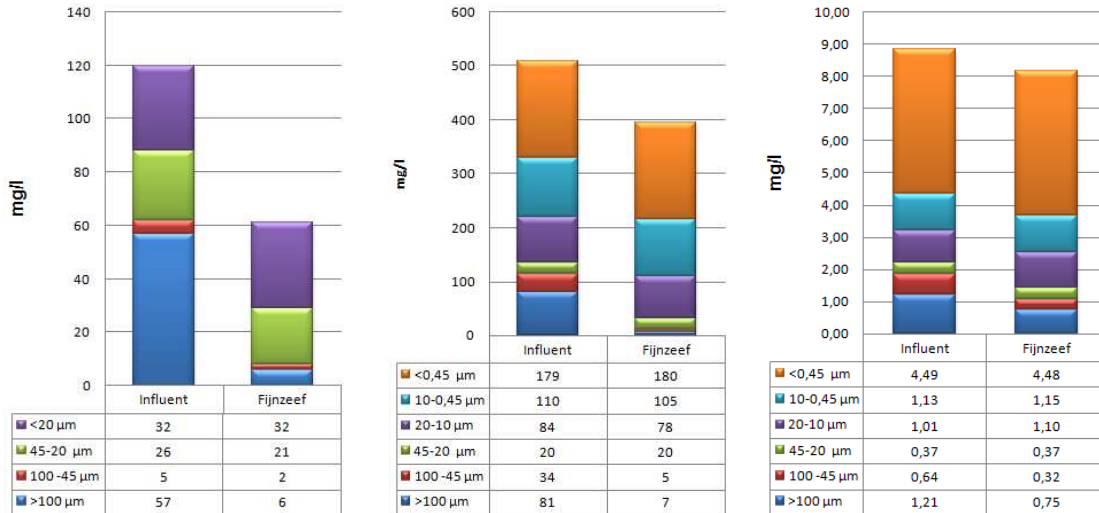
Uit de resultaten in tabel 4.35 blijkt dat:

- de fijnzeef geen NH_4 kan verwijderen. Bij verwijderingspercentages in deze orde van heeft de meetonnauwkeurigheid een grote invloed. Een andere verklaring is absorptie van NH_4 in de filterkoek;
- de fijnzeef gemiddeld een rendement van 43% behaalt op N-organisch en de verwijdering van N-totaal hierdoor wordt veroorzaakt.

4.5.7 Fractionering OB, CZV, en P-totaal

4.5.7.1 Fractionering zonder toevoeging van coagulant en flocculant

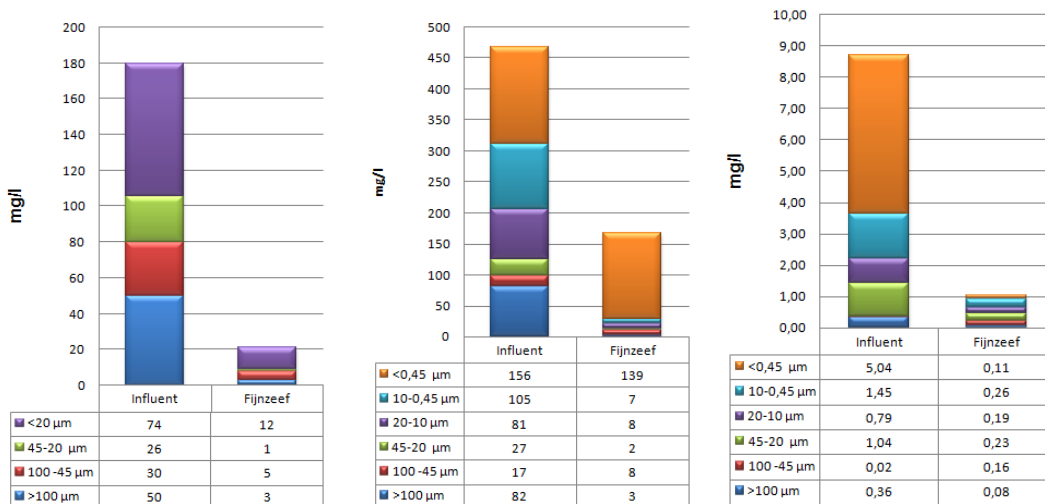
Figuur 4.28: fractionering OB, CZV en P-totaal influent en filtraat fijnzeef zonder coagulant en flocculant



Uit figuur 4.28 blijkt dat de fijnzeef-unit zonder toevoeging van coagulant en flocculant deeltjes OB, CZV en P-totaal > 45 µm grotendeels verwijdert, deeltjes < 45 µm worden niet verwijderd. Door het hoge deel opgelost of colloïdaal P-totaal kan er maximaal 30% rendement van P-totaal via bezinking worden gehaald.

4.5.7.2 Fractionering met toevoeging van coagulant en flocculant

Figuur 4.29: fractionering OB, CZV en P-totaal influent en eluaat DAF unit



Uit figuur 4.29 blijkt dat de fijnzeef met toevoeging van coagulant en flocculant (instellingen van onderzoeksperiode 9) vrijwel alle fracties voor OB geheel verwijderd. Voor CZV zijn vrijwel alle deeltjes > 0,45 µm verwijderd en een klein deel van de deeltjes < 0,45 µm. Voor P-totaal worden alle fracties grotendeels verwijderd.

4.5.7.3 Slibbepalingen

De fijnzeef is uitgerust met een pers voor het slib. Bij gebruik van de fijnzeef zonder toevoeging van coagulant en flocculant kan hierdoor het droge stofgehalte van het slib verhoogd worden ten opzichte van de andere pilotinstallaties. Bij toevoeging van coagulant en flocculant heeft bijgeleverde pers geen toegevoegde waarde. Doordat het slib in dat geval meer water bevat (insluit) stroomt het waterige slib door de pers heen en stroomt het via de ontwateringsleiding weg. Er zijn enkel slibanalyses uitgevoerd op de fijnzeef zonder gebruik van coagulatie en flocculatie omdat het slib met gebruik van coagulatie en flocculatie niet goed opgevangen kon worden.

Tabel 4.36: droge stof gehalte slib fijnzeef en verdeling gloeirest en organische stof

Datum	Volume slib ten opzichte van behandeld afvalwater	Droge stof t.o.v. natgewicht	Gloeirest t.o.v. drooggewicht	Massa anorganisch	Massa organisch
	l/m ³	[%]	[%]	[kg/m ³]	[kg/m ³]
11-7-2011	n.b.	2,9	32	9	20
30-8-2011	0,38	7,6	20	16	62
31-8-2011	0,6	7,4	23	17	58
8-9-2011	n.b.	28,8	44	138	176
14-9-2011	n.b.	19,6	13	27	181
27-9-2011	n.b.	26,9	10	29	262
25-10-2011	n.b.	23,4	19	48	203
3-11-2011	0,3	27,3	32	95	201
29-11-2011	1,5	8,8	19	17	73
6-12-2011	0,16	27,7	9	27	274
Gemiddeld	0,58 [0,16 – 1,5]	18 [2,9 – 28,8]	22 [9 – 44]	42 [9- 138]	151 [20-274]

Uit de bovenstaande tabel is op te maken dat:

- er een grote variatie in droge stofgehalte is;
- een gemiddeld droge stofgehalte van 18% behaald wordt, maar potentieel een hoger droge stofgehalte haalbaar is van ca. 25 - 30%;
- het slib voor ruim 75% uit organische stoffen bestaat.

4.6 Microzeef

4.6.1 Onderzoekperioden met gebruikte procesinstellingen

In tabel 4.37 zijn de instellingen weergegeven voor de simulatie ROS-lijn. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen de doekbelasting, de maaswijdte van het filterdoek, de voorgeschakelde techniek en voeding onder reguliere of overstortsituaties.

Tabel 4.37: instellingen microzeef op simulatie ROS lijn

Onderzoeksperiode	Aantal metingen	Nageschakeld aan	Regulier of overstort	Doekbelasting gemiddeld	Maaswijdte doek
				m/h	µm
1	8	Lamellen	Regulier	4,3	50
2	15	Lamellen	Regulier	1,8 - 5	20
3	13	Fijnzeef	Regulier	0,9 – 1,8	20
4	1	Lamellen	Overstort	4,3	50
5	4	Lamellen	Overstort	0,9 – 3,0	20
6	2	Fijnzeef	Overstort	0,9 – 2,1	20

4.6.2 Bedrijfsvoering microzeef

Gedurende de eerste 6 maanden van het onderzoek werd doorslag van deeltjes groter dan de maaswijdte van het filterdoek geconstateerd. Hubert is tijdens deze periode herhaaldelijk op locatie komen om de oorzaak te achterhalen. De oorzaak van de doorslag van deeltjes groter dan de maaswijdte van het filterdoek waren lekstromen tussen de dichtingen rond de as van het filter, welke na deze periode definitief zijn gedicht.

De volgende problemen zijn gedurende de gehele proefperiode geconstateerd:

1. Ingesteld debiet van de aanvoerpomp komt niet overeen met debiet gemeten op het display van de debietmeter;
2. OB-belasting is te zwaar voor een microzeef met 10 - 20 µm filterdoek;
3. Door de hoge OB-belasting stijgt het niveau in de microzeef dusdanig snel dat niet alleen de spoelmodus wordt ingeschakeld, maar meteen ook de aanvoerpomp wordt stilgezet. Het filter werkt hierdoor in de praktijk niet continu, zoals ontworpen, maar discontinu;
4. Bij naschakeling aan de fijnzeef, waarbij de fijnzeef met chemicaliën getest is, verstopt het 10 µm filterdoek binnen een uur tijd;
5. De microzeef dient dagelijks leeggelaten te worden en gespoeld te worden met schoon water om verstoppingen en dichtgroei te voorkomen;
6. Bij stilstand langer dan 4 dagen is meerdere malen geconstateerd dat het filterdoek verstopt zat, zelfs indien het filter voor stilstand met schoon water was gespoeld. Dit is te verklaren aan de hand van het dichtgroeien van het filterdoek met slijmvormende bacteriën.

In het onderstaande stuk worden de bovenstaande zaken, indien nodig, nader toegelicht.

- 1) Bij aflevering is de microzeef geleverd met een 50 µm filterdoek. Om de microzeef variabel in te kunnen stellen is de frequentie van de pomp afgesteld op een vaste frequentie per m³ aanvoer. Gedurende de proefperiode is de weerstand in de aanvoerslang doordichtslibbing, wijziging van het filterdoek, of door een wisselende samenstelling van het afvalwater in de aanvoer, veranderd. Hierdoor komt de vooraf ingestelde frequentie niet overeen met de werkelijke doorzet. Door de afwijkende frequentie werd het variabel instellen van de microzeef onmogelijk (bij een verhoging van 1 m³/h op het display, werd het werkelijke debiet een factor 2-3 hoger);
- 2) De microzeef is gemiddeld met 0,4 kg OB/m² belast vanuit de voorgeschakelde technieken. Hubert heeft aangegeven dat voor een 10 en 20 µm doek ontwerpwaarden van 0,15 kg OB/m² worden aangehouden. De doekbelasting bij naschakeling aan de lamellenbezinker en fijnzeef is dermate hoog dat de microzeef dit niet kan behandelen;
- 3) Voor spoeling wordt filtraat van de microzeef gebruikt. Het filtraat wordt via een 4-tal nozzles op het doek gespoten met een debiet van 1 m³/h. Het spoelwater loopt via een vuilwaterleiding weg. Door de zware OB-belasting bereikt het waterniveau in de microzeef snel een te hoogwaterniveau, waardoor de aanvoer gestopt wordt. Bij een aanvoer van 2 m³/h spoelt de microzeef met een

filterdoek van 20 µm 20-30 seconden. Dit resulteert in een netto debiet van 0,5 – 1 m³/h. Hierbij is het gebruikte spoelwater in mindering gebracht op het netto debiet;

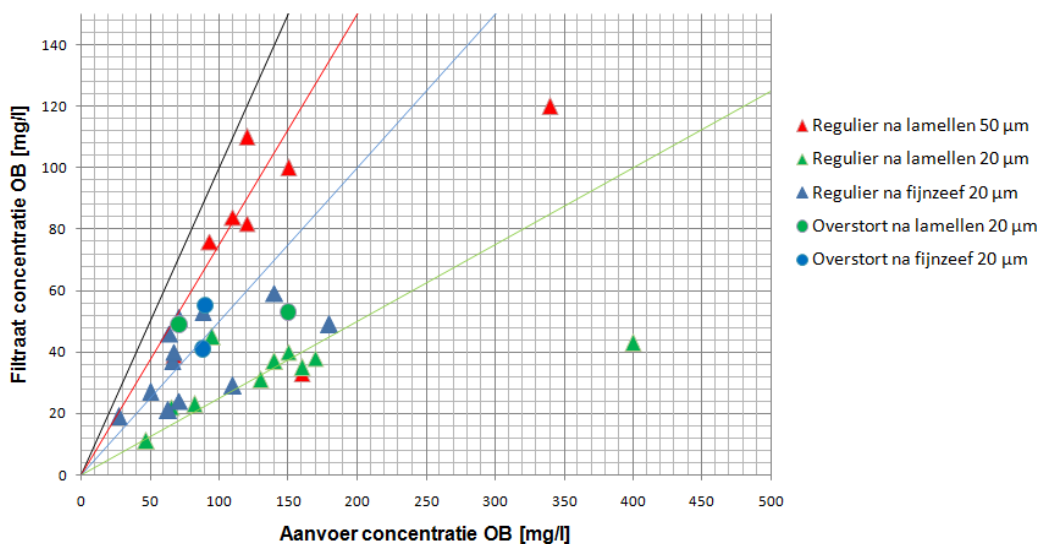
- 4) Bij naschakeling aan de fijnzeef heeft vlokdoorslag plaatsgevonden. Door een grote hoeveelheid kleine vlokken, respolymeer en overig OB vond kort na de opstart verstopping plaats. Hierdoor is de microzeef continu in spoeling en vindt er geen doorzet van afvalwater plaats. Om deze reden is de microzeef niet gebruikt in naschakeling van een techniek waarbij coagulant en flocculant worden toegevoegd.

De microzeef is een eenvoudige techniek om te bedienen. Door de te zware belasting, waardoor de bovenstaande problemen opgetreden zijn, is de techniek met een 10 of 20 µm filterdoek in de praktijk niet geschikt voor toepassing op een riooloverstort.

4.6.3 Verwijdering onopgeloste bestanddelen

Figuur 4.30 geeft de ingaande en uitgaande concentraties OB weer van de microzeef. De plaats van de datapunten tussen de gekleurde lijnen geeft een indicatie van het rendement.

Figuur 4.30: OB bepalingen ROS lijn microzeef — = 0% verwijdering — = 25% verwijdering — = 50% verwijdering — = 75% verwijdering



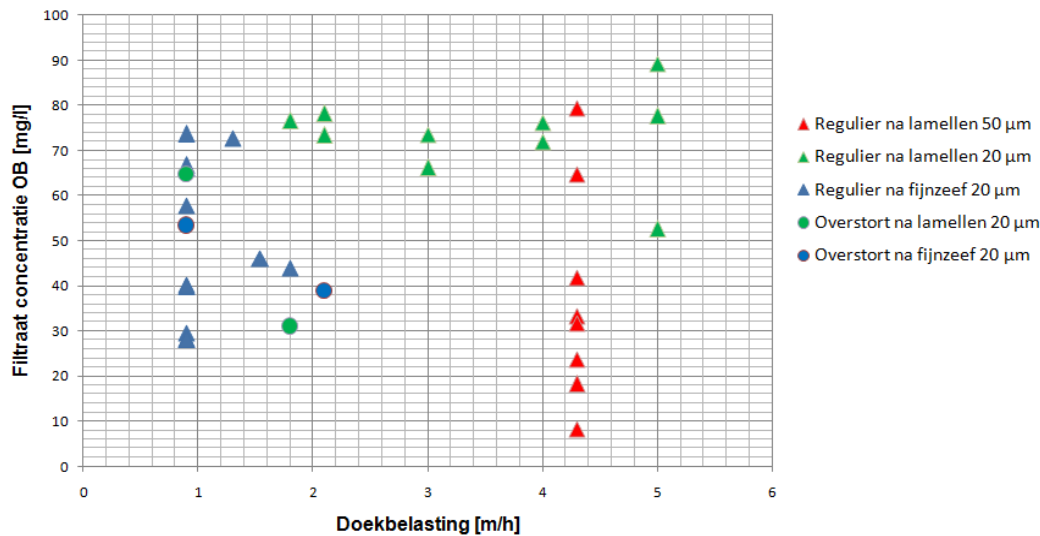
Tabel 4.38: influent-, filtraatconcentraties en rendementen op OB microzeef per onderzoeksperiode

Periode	Instellingen	Aantal metingen	OB aanvoer gemiddeld	OB eluaat gemiddeld	Rendement OB gemiddeld
			[mg/l]	[mg/l]	[%]
1	Regulier na lamellen 50 µm	8	145 [67 – 340]	81 [33 – 120]	38 [8 – 79]
2	Regulier na lamellen 20 µm	10	144 [47 – 400]	34 [11 – 46]	74 [53 – 89]
3	Regulier na fijnzeef 20 µm	12	83 [27 – 180]	38 [19 – 59]	38 [19 – 59]
4	Overstort na lamellen 50 µm	0	-	-	-
5	Overstort na lamellen 20 µm	2	111 [71 – 150]	51 [49 – 53]	48 [31 – 65]
6	Overstort na fijnzeef 20 µm	2	89 [88 – 90]	48 [41 – 55]	46 [39 – 53]

De resultaten laten zien dat:

- de spreiding in aanvoerconcentraties OB groot is en varieert tussen de 27 en 400 mg/l en dat de verwijderingsrendementen variëren tussen 8 en 89%;
- de OB-concentratie in de voeding van de microzeef geleverd vanuit de lamellenbezinker doorgaans hoger is dan de concentratie geleverd vanuit de fijnzeef. Doordat de fijnzeef een hoger rendement op OB behaalt dan lamellenbezinker, zal het rendement vanuit de microzeef lager zijn bij naschakeling aan de fijnzeef, omdat de gemakkelijk filtreerbare deeltjes al verwijderd zijn;
- bij gebruik van een filterdoek van maaswijdte 20 µm gelijkwaardige gemiddelde filtraatconcentraties behaald worden:
 - bij variërende aanvoerconcentraties;
 - tussen reguliere –en overstortsituaties.

Figuur 4.31: hydraulische doekbelasting uitgezet tegen rendement OB ROS lijn microzeef



Uit de resultaten voor de hydraulische doekbelasting blijkt dat:

- periode 1 en 3 een grote spreiding in rendement op OB bij per doekbelasting vertonen;
- bij periode 2 de spreiding in rendement op OB gering is ten opzichte van de overige perioden.
- er geen trend waarneembaar is tussen het verwijderingsrendement op OB en een toenemende doekbelasting.

4.6.4 Verwijdering CZV

Tabel 4.39: influent- en filtraatconcentraties en rendementen op CZV voor de microzeef per onderzoeksperiode

Periode	Instellingen	Aantal metingen	CZV aanvoer gemiddeld	CZV filtraat gemiddeld	Rendement CZV gemiddeld
			[mg/l]	[mg/l]	[%]
1	Regulier na lamellen 50 µm	5	532 [433 – 644]	450 [405 – 518]	15 [6 – 21]
2	Regulier na lamellen 20 µm	15	401 [195 – 693]	290 [151 – 396]	25 [3 – 58]
3	Regulier na fijnzeef 20 µm	11	351 [232 – 514]	298 [216 – 389]	13 [0 – 28]
4	Overstort na lamellen 50 µm	1	225 [225 – 225]	205 [205 – 205]	9 [9 – 9]
5	Overstort na lamellen 20 µm	3	335 [250 – 396]	271 [186 – 340]	20 [14 – 26]
6	Overstort na fijnzeef 20 µm	2	151 [134 – 167]	130 [107 – 153]	14 [8 – 20]

Uit de resultaten van CZV voor de verschillende configuraties blijkt dat:

- de spreiding in ingaande CZV concentraties net als die in OB-concentraties vrij groot is en varieert tussen de 134 en 644 mg/l en de spreiding in verwijderingsrendement 0 – 58% is.
- bij naschakeling van de microzeef, met een 20 µm filterdoek, aan de lamellenbezinker de hoogste rendementen behaald zijn met respectievelijk 25% en 20%;
- het rendement bij gebruik van een 20 µm filterdoek 10% hoger is ten opzichte van een 50 µm filterdoek;
- de CZV-concentratie in de voeding van de microzeef geleverd vanuit de lamellenbezinker doorgaans hoger is dan vanuit de fijnzeef;
- bij gebruik van een filterdoek van maaswijdte 20 µm gelijkwaardige gemiddelde filtraatconcentraties bereikt worden:
 - bij variërende aanvoerconcentraties;
 - tussen reguliere en overstortsituaties.
- de filtraatconcentratie CZV van periode 6 een factor 2 lager is dan periode 5, waarbij de ingaande concentratie CZV voor periode 6 eveneens een factor 2 lager is dan periode 5.

Tabel 4.40: influent-, filtraatconcentraties en rendementen op CZV > 10 µm microzeef per onderzoeksperiode

Periode	Instellingen	Aantal metingen	CZV > 10 µm influent gemiddeld [mg/l]	CZV > 10 µm filtraat gemiddeld [mg/l]	Rendement CZV > 10 µm gemiddeld [%]
1	Regulier na lamellen 50 µm	7	158 [59 – 289]	108 [41 – 200]	27 [5 – 50]
2	Regulier na lamellen 20 µm	14	149 [48 – 429]	43 [5 – 95]	66 [29 – 92]
3	Regulier na fijnzeef 20 µm	10	114 [64 – 169]	64 [53 – 99]	40 [5 – 63]
4	Overstort na lamellen 50 µm	1	76 [76 – 76]	60 [60 – 60]	21 [21 – 21]
5	Overstort na lamellen 20 µm	2	79 [58 – 100]	50 [32 – 68]	38 [32 – 45]
6	Overstort na fijnzeef 20 µm	1	43 [43 – 43]	29 [29 – 29]	32 [32 – 32]

Uit de resultaten van CZV > 10 µm voor de verschillende configuraties blijkt dat:

- de spreiding in verwijderingsrendementen voor CZV > 10 µm varieert tussen 5 en 92% voor de verschillende configuraties;
- bij naschakeling van de microzeef, met een 20 µm filterdoek, aan de lamellenbezinker de hoogste rendementen behaald zijn met respectievelijk 66% en 38%;
- het rendement bij gebruik van een 20 µm filterdoek 39% hoger is ten opzichte van een 50 µm filterdoek bij reguliere situaties en 17% bij overstortsituaties;
- de CZV > 10 µm concentratie in de voeding van de microzeef geleverd vanuit de lamellenbezinker doorgaans hoger is dan de concentratie geleverd vanuit de fijnzeef. Doordat de fijnzeef een hoger rendement op OB behaalt dan lamellenbezinker, zal het rendement vanuit de microzeef lager zijn bij naschakeling aan de fijnzeef, omdat de gemakkelijk filtreerbare deeltjes al verwijderd zijn;
- bij gebruik van een filterdoek van maaswijdte 20 µm gelijkwaardige gemiddelde filtraatconcentraties (met een spreiding van 20 – 25 mg/l) behaald worden:
 - bij variërende aanvoerconcentraties;
 - tussen reguliere en overstortsituaties.
- de gemiddelde aanvoerconcentraties CZV > 10 µm bij overstortsituaties lager zijn dan bij reguliere situaties.

4.6.5 Verwijdering P-totaal

Tabel 4.41: influent- en filtraatconcentraties en rendementen op P-totaal bij behandeling met de microzeef per onderzoeksperiode

Periode	Instellingen	Aantal metingen	P-totaal influent gemiddeld	P-totaal eluaat gemiddeld	Rendement P-totaal gemiddeld
			[mg/l]	[mg/l]	[%]
1	Regulier na lamellen 50 µm	5	10,2 [8,5 – 11,9]	9,0 [8,4 – 10,2]	11 [1 – 16]
2	Regulier na lamellen 20 µm	12	9,4 [4,3 – 23,0]	7,5 [3,7 – 14,1]	17 [0 – 39]
3	Regulier na fijnzeef 20 µm	13	7,1 [4,4 – 9,4]	6,3 [4,3 – 7,7]	9 [1 – 29]
4	Overstort na lamellen 50 µm	1	2,9 [2,9 – 2,9]	2,6 [2,6 – 2,6]	9 [9 – 9]
5	Overstort na lamellen 20 µm	3	7,7 [7,2 – 8,0]	6,7 [5,4 – 7,4]	13 [7 – 24]
6	Overstort na fijnzeef 20 µm	2	2,8 [2,0 – 3,6]	2,6 [1,9 – 3,4]	5 [4 – 7]

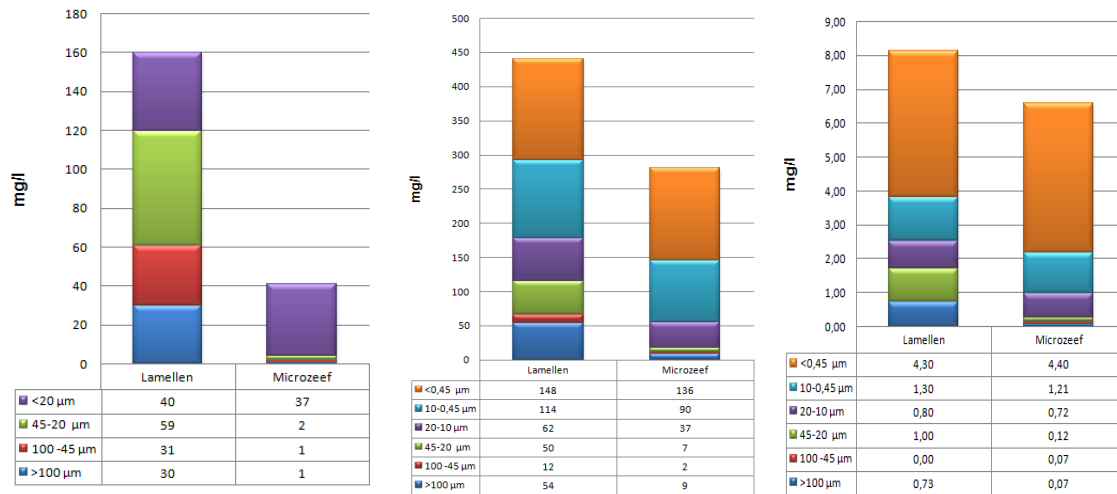
Uit de resultaten van P-totaal voor de verschillende configuraties blijkt dat:

- de spreiding in ingaande P-totaal concentraties is net als die in OB- en CZV-concentraties vrij groot is en varieert tussen de 2,0 en 23,0 mg/l en in de verwijderingsrendementen variëren tussen 0 en 39%;
- naschakeling van de microzeef, met een 20 µm filterdoek, aan de lamellenbezinker de hoogste rendementen behaalt met respectievelijk 17% en 13%;
- het rendement bij gebruik van een 20 µm filterdoek 6% hoger is ten opzichte van een 50 µm filterdoek bij reguliere situaties en 4% bij overstortsituaties;
- de concentratie P-totaal in de voeding van de microzeef geleverd vanuit de lamellenbezinker doorgaans hoger is dan vanuit de fijnzeef. Doordat de fijnzeef een hoger rendement op P-totaal behaalt dan lamellenbezinker, zal het rendement vanuit de microzeef lager zijn bij naschakeling aan de fijnzeef, omdat de gemakkelijk filtreerbare deeltjes al verwijderd zijn;
- bij gebruik van een filterdoek van maaswijdte 20 µm gelijkwaardige gemiddelde filtraatconcentraties behaald zijn bij variërende aanvoerconcentraties onder reguliere situaties;
- op periode 5 na de gemiddelde aanvoerconcentraties P-totaal gedurende overstortsituaties lager zijn dan bij reguliere situaties.

4.6.1 Fractionering OB, CZV, en P-totaal

Figuur 4.32 laat een representatieve fractionering voor OB, CZV en P-totaal van de microzeef, nageschakeld aan de lamellenbezinker zien tijdens simulatie van een riooloverstort.

Figuur: 4.32: fractionering OB, CZV en P-totaal eluaat lamellenbezinker en filtraat microzeef



Figuur 4.32 is een voorbeeld fractionering op P-totaal van de microzeef bij naschakeling aan de lamellenbezinker. Uit deze figuur blijkt dat de microzeef bij deze meting bijna alle deeltjes > 20 µm verwijdert. Er vindt geen verwijdering plaats op deeltjes < 20 µm. Door het hoge deel opgelost of colloïdaal P-totaal kan er maximaal 20% rendement van P-totaal via filtratie worden behaald.

5 Discussie en beantwoording onderzoeksvragen

5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zijn de resultaten van de pilotinstallaties of combinatie van pilotinstallaties onderling met elkaar vergeleken op basis van de onderzoeksvragen. De discussie en beantwoording van iedere afzonderlijke onderzoeksvraag zijn per paragraaf uitgewerkt.

5.2 Onderzoeksvraag 1: samenstelling overstortwater vanuit RBT en riolering

Welke spreiding is er in concentraties OB, CZV, N en P en in de verschillende deeltjesfracties van riooloverstortwater en overstortwater uit de regenwaterbuffertank?

In deze paragraaf is de samenstelling van het simulatie afvalwater (ruw influent RWZI Eindhoven en simulatie RBT) vergeleken met de afvalwaterstromen in de praktijk (overstort VvdH en RBT).

In tabellen 5.1 en 5.2 zijn de gemiddelde, minimale en maximale concentraties aangegeven van de analyses van de riooloverstort op de Vincent van de Heuvellaan en van overstorten van de RBT. Hierbij zijn zowel de concentraties voor de ruwe monsters weergegeven als de concentraties per deeltjesgrootte.

Tabel 5.1: analyses voor gemiddelde, minimale en maximale concentraties OB, CZV, P-totaal, N-totaal en NH₄ op riooloverstortwater van de Vincent van de Heuvellaan

Type overstortwater en fracties	Aantal metingen	OB (mg/l)	CZV (mg/l)	P-totaal (mg/l)	N-totaal (mg/l)	NH ₄ (mg/l)
Overstort VvdH (totaal)	5	137 [96 – 230]	151 [88 – 298]	2,0 [1,2 – 2,9]	9,8 [7,4 – 13,0]	2,5 [1,8 – 3,7]
> 100 µm	5	13 [10 – 16]	34 [6 – 67]	0,7 [0,2 – 1,6]	-	-
100 – 45 µm	5	47 [6 – 156]	14 [7 – 38]	0,3 [0,0 – 0,5]	-	-
45 – 20 µm	5	38 [15 – 62]	30 [11 – 69]	0,8 [0,5 – 1,0]	-	-
20 – 10 µm	5	39 [9 – 65]	18 [2 – 34]	0,4 [0,3 – 0,5]	-	-
10 – 0,45 µm	5	-	27 [13 – 48]	0,2 [0,1 – 0,3]	-	-
< 0,45 µm	5	-	30 [12 – 72]	0,3 [0,0 – 0,5]	-	-

Tabel 5.2: analyses voor gemiddelde, minimale en maximale concentraties OB, CZV, P-totaal, N-totaal en NH₄ op overstortwater van de RBT op RWZI Eindhoven

Type overstortwater en fracties	Aantal metingen	OB (mg/l)	CZV (mg/l)	P-totaal (mg/l)	N-totaal (mg/l)	NH ₄ (mg/l)
Overstort RBT	10	115 [29 – 240]	217 [86 – 398]	3,3 [1,2 – 6,6]	12,5 [2,3 – 24,7]	11,1 [2,6 – 14,9]
> 100 µm	10	27 [0 – 90]	35 [5 – 122]	0,3 [0,0 – 1,1]	-	-
100 – 45 µm	10	18 [0 – 56]	19 [4 – 54]	0,1 [0,0 – 0,4]	-	-
45 – 20 µm	10	24 [7 – 53]	21 [4 – 47]	0,2 [0,0 – 0,6]	-	-
20 – 10 µm	10	50 [10 – 77]	24 [4 – 72]	0,5 [0,0 – 1,0]	-	-
10 – 0,45 µm	10	-	44 [16 – 104]	0,5 [0,3 – 0,8]	-	-
< 0,45 µm	10	-	66 [18 – 109]	1,8 [0,5 – 3,5]	-	-

Uit de resultaten weergegeven in tabel 5.1 en 5.2 blijkt dat:

- zowel de concentraties van de ruwe monsters als de onderlinge fracties OB, CZV, N-totaal en NH₄ sterk variëren voor zowel riooloverstortwater Vincent van de Heuvellaan als voor overstortwater vanuit de RBT;

- zowel de concentratie van de ruwe monsters als de onderlinge fracties voor P-totaal minder variëren dan voor de overige parameters;
- de concentratie OB in riooloverstortwater iets hoger is dan die in overstortwater vanuit de RBT, terwijl voor de overige parameters overstortwater vanuit de RBT hogere concentraties bevat;
- N-totaal bij een RBT-overstort voornamelijk uit NH₄ bestaat, terwijl bij een riooloverstort NH₄ ongeveer voor 25% bijdraagt aan N-totaal.

5.3 Onderzoeksvraag 2: representativiteit simulatie lijnen

Zijn de deeltjesgrootte en -fracties vanuit de simulatie RBT- en ROS-lijn representatief voor de concentraties van deze parameters in de fracties van respectievelijk de RBT en het influent van RWZI Eindhoven gedurende een overstortsituatie?

In tabellen 5.3 en 5.4 zijn de gemiddelde, minimale en maximale concentraties aangegeven van de analyses van ruw influent (simulatie ROS) en van de simulatie RBT. Hierbij zijn zowel de concentraties voor de ruwe monsters weergegeven als de concentraties per deeltjesgrootte. In de gegevensverwerking zijn enkel de data van de dagen verwerkt waarop een volledige fractionering is uitgevoerd.

Tabel 5.3: analyses voor gemiddelde, minimale en maximale concentraties OB, CZV, P-totaal, N-totaal en NH₄ op ruw influent (simulatie ROS)

Type simulatie afvalwater en fracties	Aantal metingen	OB (mg/l)	CZV (mg/l)	P-totaal (mg/l)	N-totaal (mg/l)	NH ₄ (mg/l)
Influent RWZI (totaal)	54	206 [50 – 760]	473 [97 – 1262]	7,8 [1,6 – 13,6]	41 [8 – 64]	32 [2 – 55]
> 100 µm	54	70 [0 – 350]	102 [8 - 569]	0,5 [0,0 – 5,3]	-	-
100 – 45 µm	54	27 [0 – 90]	31 [0 – 198]	0,3 [0,0 – 1,3]	-	-
45 – 20 µm	54	43 [2 – 159]	44 [3 – 168]	0,6 [0,0 – 1,7]	-	-
20 – 10 µm / < 20 µm (OB)	54	67 [4 – 250]	59 [6 – 185]	1,1 [0,3 – 2,6]	-	-
10 – 0,45 µm	54	-	89 [6 – 178]	1,1 [0,1 – 4,6]	-	-
< 0,45 µm	54	-	149 [12 – 354]	3,9 [0,4 – 7,7]	-	-

Tabel 5.4: analyses voor gemiddelde, minimale en maximale concentraties OB, CZV, P-totaal, N-totaal en NH₄ op simulatie RBT

Type simulatie afvalwater en fracties	Aantal metingen	OB (mg/l)	CZV (mg/l)	P-totaal (mg/l)	N-totaal (mg/l)	NH ₄ (mg/l)
Simulatie RBT (totaal)	30	98 [57 – 160]	403 [158 – 636]	7,7 [2,6 – 16,2]	41 [14 – 63]	31 [5 – 50]
> 100 µm	30	10 [0 – 20]	31 [0 – 104]	0,4 [0,0 – 0,8]	-	-
100 – 45 µm	30	13 [1 – 44]	13 [1 – 43]	0,6 [0,0 – 3,0]	-	-
45 – 20 µm	30	26 [1 – 80]	27 [5 – 43]	0,5 [0,0 – 1,5]	-	-
20 – 10 µm	30	50 [23 – 77]	65 [8 – 143]	0,8 [0,0 – 1,6]	-	-
10 – 0,45 µm	30	-	96 [37 – 166]	0,8 [0,3 – 1,2]	-	-
< 0,45 µm	30	-	175 [29 – 297]	4,9 [1,3 – 7,2]	-	-

Uit de resultaten weergegeven in tabel 5.3 en 5.4 blijkt dat:

- zowel de concentraties van de ruwe monsters als de onderlinge fracties OB, CZV, P-totaal, N-totaal en NH₄ sterk variëren voor zowel ruw influent als voor de simRBT;

- de concentratie OB in het ruwe influent een factor 2 hoger is dan de afloop van de simRBT; dit verschil zit met name in de fractie > 100 µm en in mindere mate bij de overige fracties, welke door bezinking in de simRBT zijn verwijderd.
- de concentratie CZV in het ruwe influent 70 mg/l hoger is dan bij de afloop simRBT.
- Er geen verwijdering van P-totaal, N-totaal en NH₄ plaatsvindt in de simRBT.

Bij vergelijking van de simulatiestromen met het overstortwater vanuit de riolering en de RBT blijkt dat:

- De concentraties OB, CZV, N en P van het ruwe influent ruimschoots hoger zijn dan de concentraties van deze parameters in riooloverstortwater;
- De concentratie OB van de simulatie RBT overeenkomt met de concentratie OB van overstort RBT water. De concentraties van de overige parameters van simulatie RBT water zijn hoger dan de concentraties van overstort RBT water.
- Vertaling van de resultaten van simulatiestromen naar overstortwater op basis van de verwijdering per deeltjesfractie dient te worden. De fractieverwijderingen per techniek voor OB en CZV zijn weergegeven in tabellen 5.4 en 5.7. Voorbeeld fractioneringen zijn weergegeven in figuren 5.2 en 5.3.

Het bovenstaande geeft aan dat een techniek bij behandeling van riooloverstortwater:

- Een grote range in vuilbelasting dient te kunnen verwerken, waarbij zowel voor kleine deeltjesfracties en grotere fracties tezamen met een grote spreiding in concentraties, toch een goede verwijdering plaats moet vinden;
- Een maximale verwijdering van deeltjesfracties voor OB en CZV > 20 µm noodzakelijk is om voldoende verwijderingsrendement te kunnen behalen.

De keuze om de simulatie RBT enkel te gebruiken voor het bepalen van het verwijderingsrendement bij verschillende oppervlaktebelastingen blijkt juist geweest te zijn. Doordat ongeveer 75% van de onopgeloste bestanddelen kleiner is dan 45 µm, zal deze fractie zonder toevoeging van chemicaliën niet verwijderd kunnen worden en hebben zuiveringstechnieken zonder coagulatie en flocculatie weinig tot geen toegevoegde waarde.

5.4 Onderzoeksvraag 3: haalbare filtraatconcentraties en verwijderingsrendementen

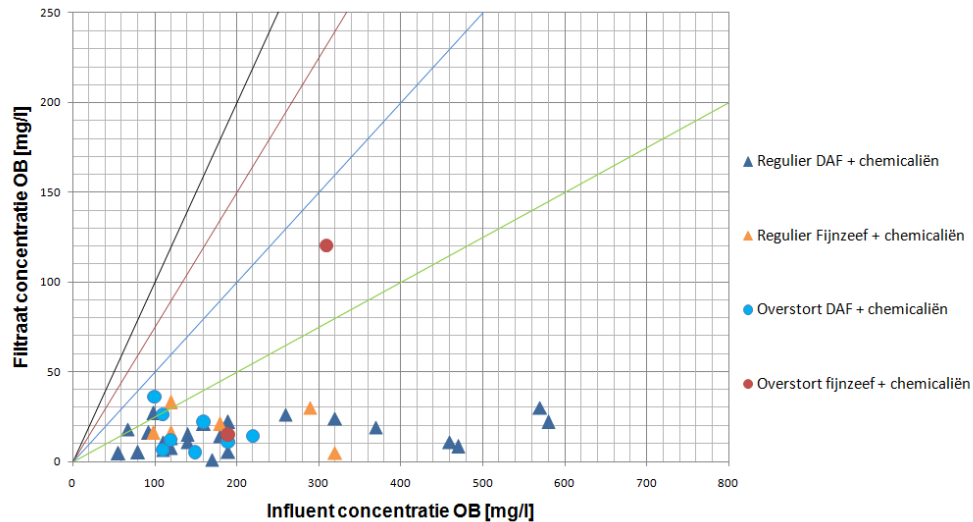
filtraatconcentraties en verwijderingsrendementen zijn per techniek voor OB, BZV5/CZV, N-organisch en P-totaal haalbaar bij behandeling van overstortwater, welke deeltjesgrootte is te verwijderen en wat is hierbij het effect van coagulatie/ flocculatie voorafgaand aan DAF en fijnzeef?

In deze paragraaf worden van de verschillende pilotinstallaties, de verwijderingsrendementen en haalbare effluentconcentratie met elkaar vergeleken voor OB, CZV, BZV5, P-totaal en totaal stikstof. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen pilotinstallaties met en zonder toevoeging van coagulant en flocculant.

5.4.1 Verwijdering OB

In figuur 5.1 zijn de resultaten voor OB van de DAF-unit en de fijnzeef met toevoeging van coagulant en flocculant weergegeven en in tabel 5.5 zijn de influent- en filtraat-/eluaatconcentraties en rendementen van de verschillende pilotinstallaties voor OB weergegeven.

Figuur 5.1: influent- en filtraatconcentraties van OB voor DAF unit en fijnzeef met chemicaliën — = 0% verwijdering — = 25% verwijdering — = 50% verwijdering — = 75% verwijdering



Tabel 5.5: vergelijking resultaten pilotinstallaties op influent en filtraat concentraties en verwijderingsrendementen voor onopgeloste bestanddelen

Pilotinstallatie of combinatie van pilotinstallaties	Aantal metingen	OB influent (mg/l)	OB filtraat/eluaat (mg/l)	Rendement OB (%)
Lamellenbezinker	53	221 [58 – 580]	142 [47 – 500]	37 [6 – 63]
DAF	26	196 [53 – 760]	80 [21 – 250]	55 [23 – 80]
Fijnzeef	12	197 [66 – 350]	69 [35 – 100]	59 [19 – 81]
Lamellenbezinker + microzeef	12	222 [110 – 500]	36 [11 – 53]	82 [69 – 91]
Fijnzeef + microzeef	14	147 [95 – 240]	39 [19 – 59]	73 [53 – 82]
DAF + chemicaliën	34	202 [56 – 580]	15 [1 – 36]	91 [72 – 99]
Fijnzeef + chemicaliën	8	204 [98 – 320]	32 [5 – 120]	84 [61 – 99]

Uit de resultaten van figuur 5.1 en tabel 5.5 blijkt dat:

- de lamellenbezinker gemiddeld op OB 37% verwijdering behaalt en de DAF-unit en fijnzeef gemiddeld vergelijkbare verwijderingsrendementen halen van 55-60 % op OB zonder toevoeging van coagulant en flocculant;
- de DAF unit met dosering van coagulant en flocculant met 91%, een hoger verwijderingsrendement haalt voor OB dan de fijnzeef met 84%. Tevens is de DAF-unit bij variabele belasting stabiel in verwijderingsrendement en eluaatconcentratie;
- bij RWA situaties de DAF een stabiel verwijderingsrendement voor OB geeft dan de fijnzeef.
- de DAF met chemicaliën bij variabele OB belasting een stabiele eluaatconcentratie laat zien van gemiddeld 15 mg/l;
- een lamellenbezinker en fijnzeef zonder chemicaliëndosering gevolgd door een microzeef een rendementsverbetering oplevert voor OB. Echter zoals eerder weergegeven is de bedrijfsvoering van een nageschakelde microzeef niet stabiel en de filtratiesnelheid met 1 m/uur te laag om dit full-scale te gaan toepassen.

De behaalde rendementen voor DAF en fijnzeef, zonder coagulant- en flocculantdosering, zijn vergelijkbaar met de rendementen van de voorbezinktanks op de RWZI Eindhoven met een gemiddelde oppervlaktebelasting van 0,7 m/uur.

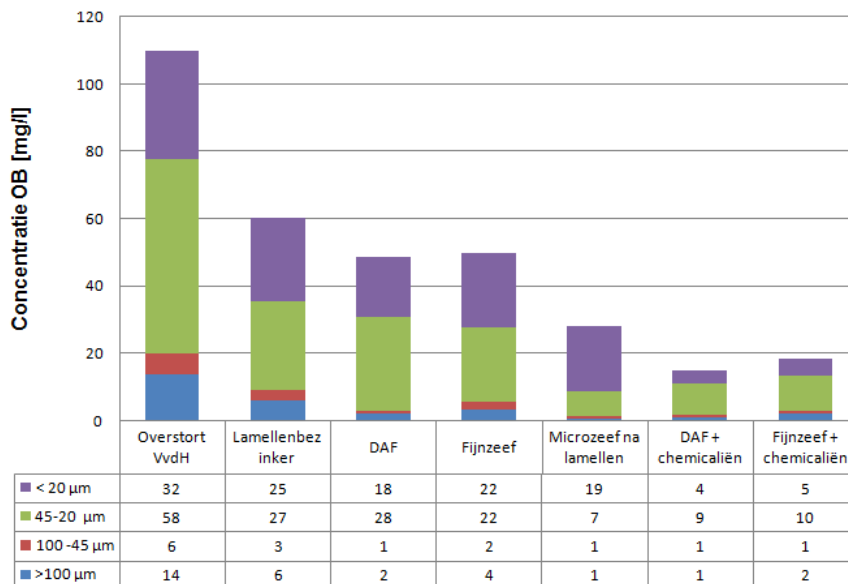
In tabel 5.6 is de fractieverwijdering voor OB per techniek weergegeven.

Tabel 5.6: gemiddelde verwijdering OB per deeltjesfractie per techniek

Techniek (met/zonder coagulatie en flocculatie)	Verwijdering > 100 µm (%)	Verwijdering 100 – 45 µm (%)	Verwijdering 45 – 20 µm (%)	Verwijdering < 20 µm (%)
Lamellenbezinker	55	53	54	23
DAF	83	87	52	44
Fijnzeef	75	63	62	31
Microzeef	86	80	72	22
DAF + chemicaliën	93	86	84	87
Fijnzeef + chemicaliën	83	88	82	84

In figuur 5.2 zijn de gemiddelde deeltjesfractie rendementen uit tabel 5.6 toegepast op de praktijkwaarden van een riooloverstort als voorbeeld van de vertaling van de resultaten op simulatieafvalwater naar riooloverstortwater in de praktijk. Hiervoor is één van de geanalyseerde riooloverstortingen op de Vincent van de Heuvellaan als voorbeeld genomen. De gemiddelde verwijderingsrendementen voor iedere deeltjesfractie (zoals weergegeven in tabel 5.6) is vervolgens per techniek in mindering gebracht ten opzichte van de desbetreffende fracties van het staafdiagram van de VvdH (figuur 5.2). Op deze wijze kan op basis van een toekomstige fractionering van een riooloverstort een inschatting gemaakt worden van de verwijderingsrendementen die de geteste technieken kunnen behalen.

Figuur 5.2: voorbeeld fractionering riooloverstortwater op basis van fractierendementen pilotinstallaties



5.4.2 Verwijdering CZV

In tabel 5.7 zijn de in- en uitgaande concentraties en het rendement van de verschillende pilotinstallaties voor CZV en in tabel 5.8 voor CZV > 10 µm weergegeven.

Tabel 5.7: vergelijking resultaten pilotinstallaties op influent- en filtraatconcentraties en verwijderingsrendementen voor CZV

Pilotinstallatie of combinatie van pilotinstallaties	Aantal metingen	CZV influent (mg/l)	CZV filtraat/eluaat (mg/l)	Rendement CZV (%)
Lamellenbezinker	56	536 [159 – 1262]	436 [150 – 758]	17 [3 – 49]
DAF	26	476 [263 – 952]	335 [156 – 578]	27 [16 – 57]
Fijnzeef	11	451 [232 – 689]	303 [185 – 497]	33 [13 – 58]
Lamellenbezinker + microzeef	18	472 [249 – 980]	287 [151 – 369]	36 [14 – 70]
Fijnzeef + microzeef	13	400 [197 – 688]	273 [46 – 389]	31 [18 – 46]
DAF + chemicaliën	33	425 [159 – 1262]	123 [33 – 264]	70 [51 – 87]
Fijnzeef + chemicaliën	10	427 [207 – 545]	160 [66 – 220]	62 [52 – 84]

Uit de resultaten van tabel 5.7 blijkt dat:

- de fijnzeef zonder toevoeging van coagulant en flocculant met 33% gemiddeld een iets hogere CZV-verwijdering en lagere filtraatconcentratie geeft dan de DAF met gemiddeld 27% CZV-verwijdering;
- lamellenbezinking met gemiddeld 17% CZV-verwijdering ongeveer 10-15% minder CZV verwijdert dan de DAF-unit of fijnzeef;
- lamellenbezinking of fijnzeef in combinatie met de microzeef vrijwel geen verbetering geeft voor CZV-verwijdering ten opzichte van de fijnzeef;
- de DAF-unit gemiddeld een hoger verwijderingsrendement met 70% voor CZV haalt met toevoeging van coagulant en flocculant dan de fijnzeef met gemiddeld 62%;
- voor een hoog rendement op CZV toevoeging van een coagulant en flocculant noodzakelijk is.

Tabel 5.8: vergelijking resultaten pilotinstallaties op influent en filtraat concentraties en verwijderingsrendementen voor CZV met een deeltjesgrootte > 10 µm

Pilotinstallatie of combinatie van pilotinstallaties	Aantal metingen	CZV > 10 µm influent (mg/l)	CZV > 10 µm filtraat/eluaat (mg/l)	Rendement CZV > 10 µm (%)
Lamellenbezinker	52	263 [46 – 916]	172 [38 – 568]	34 [5 – 68]
DAF	26	229 [95 – 670]	99 [51 – 199]	52 [34 – 83]
Fijnzeef	6	236 [146 – 313]	102 [46 – 169]	55 [42- 84]
Lamellenbezinker + microzeef	16	217 [70 – 722]	44 [5 – 95]	75 [51 – 95]
Fijnzeef + microzeef	11	160 [110 – 258]	61 [29– 99]	61 [33 – 74]
DAF + chemicaliën	27	243 [46 – 916]	14 [1 – 66]	93 [71 – 100]
Fijnzeef + chemicaliën	9	207 [154 – 345]	33 [9 – 66]	83 [57 – 94]

Uit de resultaten van tabel 5.8 blijkt dat:

- door de DAF unit met toevoeging van chemicaliën gemiddeld 93% van de CZV > 10 µm verwijderd wordt;
- de fijnzeef met toevoeging van chemicaliën gemiddeld 10% minder van de fractie CZV > 10 µm verwijderd dan van de DAF unit met toevoeging van chemicaliën;
- doordat vrijwel al het filtreerbare CZV verwijderd is, een hoger verwijderingsrendement op CZV bij de DAF niet mogelijk zal zijn op basis van de samenstelling van influent onder reguliere omstandigheden.

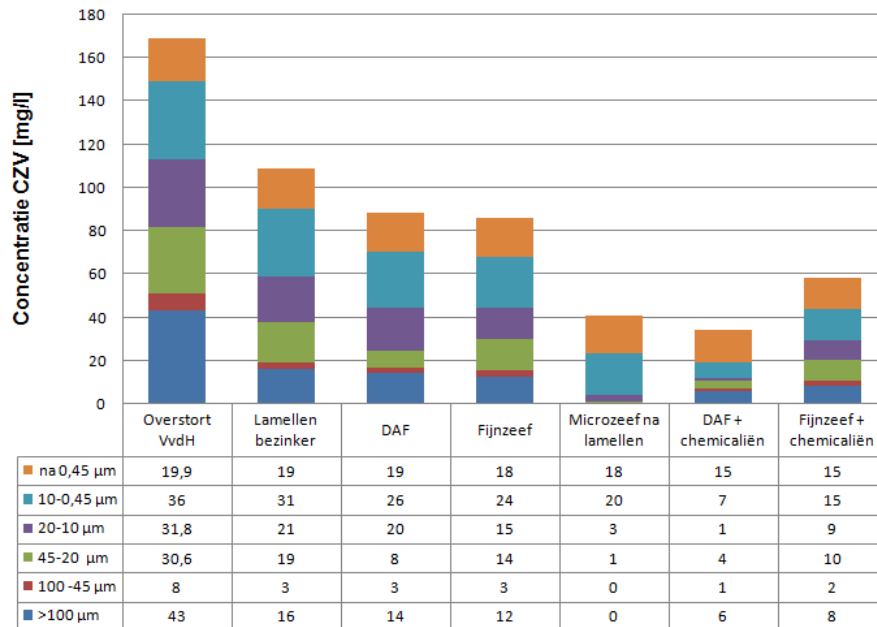
In tabel 5.9 is de fractieverwijdering voor CZV per pilotinstallatie weergegeven.

Tabel 5.9: gemiddelde CZV verwijdering per deeltjesfractie per techniek

Techniek (met/zonder coagulatie en flocculatie)	Verwijdering > 100 µm (%)	Verwijdering 100 – 45 µm (%)	Verwijdering 45 – 20 µm (%)	Verwijdering 20 – 10 µm (%)	Verwijdering 10 – 0,45 µm (%)	Verwijdering < 0,45 µm (%)
Lamellenbezinker	63	57	39	34	13	6
DAF	67	66	74	38	28	7
Fijnzeef	71	57	54	54	34	10
Microzeef	98	98	95	87	37	6
DAF + chemicaliën	87	82	88	96	79	25
Fijnzeef + chemicaliën	81	69	68	72	59	27

In figuur 5.3 zijn de fractierendementen uit tabel 5.9 toegepast op de praktijkwaarden van een riooloverstort als voorbeeld van de vertaling van de resultaten op simulatie afvalwater naar riooloverstortwater in de praktijk.

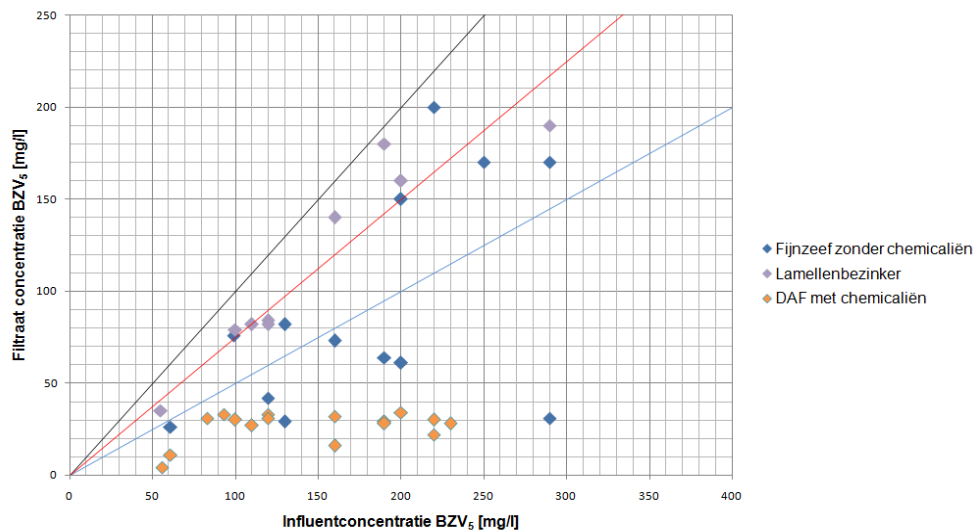
Figuur 5.3: voorbeeld fractionering riooloverstortwater op basis van fractierendementen pilotinstallaties



5.4.3 Verwijdering BZV₅, en vergelijking CZV/BZV₅, BZV₅/N en BZV₅/P verhoudingen

In figuur 5.4 zijn de influent-, filtraatconcentraties en rendementen van de verschillende pilotinstallaties voor BZV₅ weergegeven.

Figuur 5.4: influent- en filtraatconcentraties van BZV₅ voor fijnzeef, DAF en lamellenbezinker
 — = 0% verwijdering — = 25% verwijdering — = 50% verwijdering — = 75% verwijdering



Tabel 5.10: vergelijking resultaten pilotinstallaties op influent- en filtraatconcentraties en verwijderingsrendementen voor BZV₅

Pilotinstallatie of combinatie van pilotinstallaties	Aantal metingen	BZV ₅ influent (mg/l)	BZV ₅ filtraat/eluaat (mg/l)	Rendement BZV ₅ (%)
Lamellenbezinker	9	149 [55 – 290]	115 [35 – 190]	24 [5 – 36]
Fijnzeef	12	176 [61 – 290]	95 [26 – 200]	46 [9 – 89]
DAF + chemicaliën	16	145 [56 – 230]	26 [4 – 34]	80 [63 – 93]

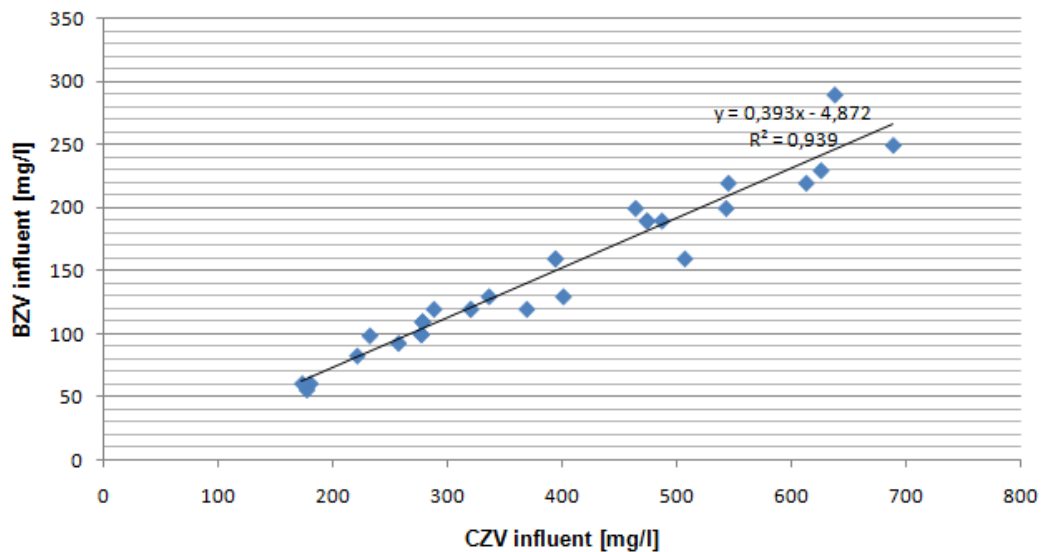
Uit de resultaten in figuur 5.4 en tabel 5.10 blijkt dat:

- de DAF unit in combinatie met coagulatie en flocculatie een BZV₅ verwijdering van gemiddeld 80 % kan bereiken;
- de DAF unit in combinatie met coagulatie en flocculatie een eluaatconcentratie van BZV₅ van gemiddeld 26 mg/l kan bereiken en deze concentratie in het eluaat van de DAF onafhankelijk is van de ingaande BZV₅ concentratie;
- de fijnzeef gemiddeld 46% BZV₅ kan verwijderen waarbij de spreiding in verwijdering erg groot is.

Zoals in paragraaf 4.4.2.4 blijkt, verwijderd de DAF pilot veel zuurstof verbruikende componenten en de aanwezige biomassa waardoor er een hoog O₂ gehalte in het eluaat aanwezig blijft. Voor een directe lozing van eluaat heeft dit een gunstig effect op de zuurstofhuishouding in het oppervlaktewater.

Het verband tussen influentconcentratie CZV en BZV₅ is weergegeven in figuur 5.5.

Figuur 5.5: verband tussen influentconcentraties CZV en BZV₅



Uit figuur 5.5 is op te maken dat er een duidelijk verband is tussen CZV en BZV₅ in het influent. In tabel 5.9 zijn de gemiddelde concentraties en de verhouding BZV₅ / CZV uiteengezet.

Tabel 5.11: influentconcentraties BZV₅, CZV en BZV₅/CZV-verhouding influent

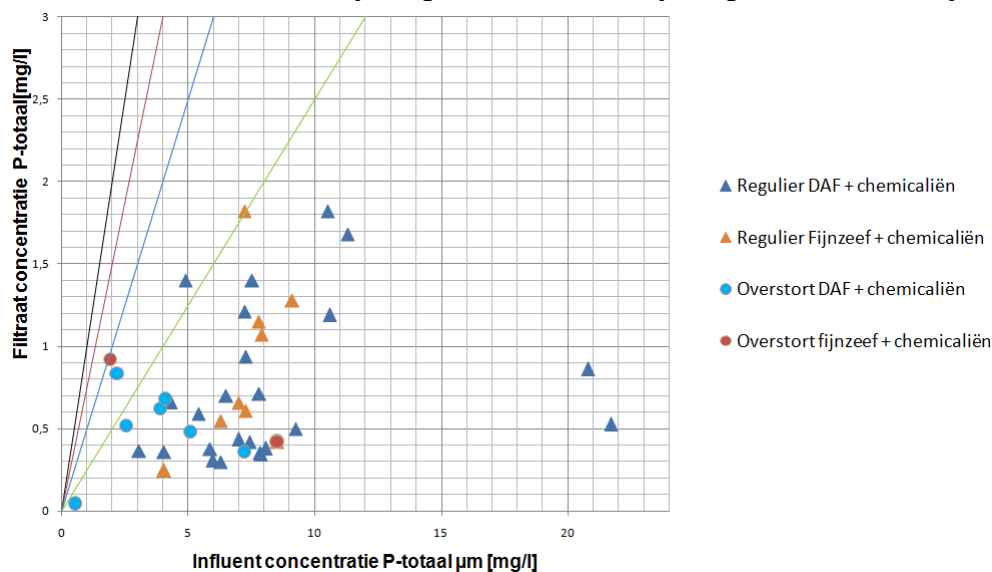
Aantal metingen	BZV ₅ influent (mg/l)	CZV influent (mg/l)	BZV ₅ / CZV verhouding (%)
29	156 [55 – 290]	387 [173 – 689]	38 [32 –45]

Uit tabel 5.11 blijkt dat gemiddeld 38% van het CZV bestaat uit BZV₅, met een geringe spreiding. Op basis van deze gegevens is een goede inschatting te maken van de gemiddelde hoeveelheid BZV₅ in het influent op basis van de CZV concentratie.

5.4.4 Verwijdering P-totaal

Deze paragraaf gaat verder in op de verwijdering van P-totaal en de vergelijking van de pilotinstallaties op basis van P-totaal en PO₄-P verwijdering. In figuur 5.6 zijn de resultaten voor de DAF-unit en fijnzeef met toevoeging van coagulant en flocculant weergegeven en in tabel 5.12 zijn in- en uitgaande concentraties en rendement van de verschillende pilotinstallaties voor P-totaal weergegeven.

Figuur 5.6: influent- en filtraatconcentraties P-totaal pilotinstallaties met chemicaliën — = 0% verwijdering
— = 25% verwijdering — = 50% verwijdering — = 75% verwijdering



Tabel 5.12: vergelijking resultaten pilotinstallaties op influent en filtraat concentraties en verwijderingsrendementen voor P-totaal en PO₄-P

Pilotinstallatie of combinatie van pilotinstallaties	Aantal metingen	P-totaal influent (mg/l)	P-totaal filtraat (mg/l)	Rendement P-totaal (%)	Rendement PO ₄ -P (%)
Lamellenbezinker	47	10,2 [4,0 – 25,0]	9,3 [3,4 – 23,0]	8 [1 – 23]	5 [0 - 20]
Daf Unit	25	7,7 [4,0 – 11,9]	6,7 [3,2 – 11,1]	13 [1 – 29]	8 [0 – 23]
Fijnzeef	13	6,0 [3,5 – 9,4]	5,6 [2,8 – 9,3]	8 [0 – 30]	7 [0 – 15]
Lamellenbezinker + microzeef	15	10,0 [4,8 – 25,0]	7,4 [3,7 – 14,1]	24 [4 – 44]	5 [3 – 6]
Fijnzeef + microzeef	13	6,8 [2,2 – 10,5]	5,8 [1,9 – 7,7]	15 [3 – 36]	7 [3 – 21]
DAF + chemicaliën	32	7,3 [0,5 – 21,7]	0,7 [0,0 – 1,8]	89 [62 – 98]	98 [95 – 100]
Fijnzeef + chemicaliën	10	6,7 [1,9 – 9,1]	0,9 [0,2 – 1,8]	85 [52 – 95]	98 [94 – 99]

Uit de resultaten van tabel 5.12 blijkt dat:

- de verwijdering van P-totaal zonder coagulatie met aluminiumsulfaat voor alle technieken (behalve voor de combinatie lamellenbezinker en microzeef) vergelijkbaar is, met waarden tussen 8 en 13 %;
- door toevoeging van coagulant en flocculant voor P-totaal een verwijdering via DAF van gemiddeld 89 % en via een fijnzeef van 85% mogelijk is. Bij beide installaties is het mogelijk hiermee structureel een filtraat/eluaat concentraties van < 1 mg/l te behalen;
- de coagulatie bij zowel DAF als de fijnzeef-installatie zeer goed is. Gemiddeld 98% van het PO₄-P wordt gebonden aan aluminium en kan worden verwijderd;
- naschakeling van een 20 µm microzeef een rendementsverbetering geeft van ongeveer 10% ten opzichte van de DAF unit en fijnzeef zonder microzeef.

5.5 Onderzoeksvraag 4: effect en optimalisatie chemicaliëndosering

Wat is het optimale type coagulant en flocculant en welke dosering is noodzakelijk voor een stabiele bedrijfsvoering van DAF en fijnzeef en wat is het effect op de (BZV/CZV)/N en de (BZV/CZV)/P verhouding in het eluaat na toevoeging van coagulant en flocculant?

5.5.1 Optimale doseerhoeveelheden

De optimale doseerverhouding voor coagulant is voor zowel DAF als de fijnzeef bepaald op de verhouding $Me:PO_4-P = 3,5$ voor een maximale verwijdering van OB, CZV en totaal fosfaat. Voor coagulatie is $Al_2(SO_4)_3$ gebruikt. Dit type coagulant is hetzelfde type als het coagulant dat op de RWZI Eindhoven gebruikt wordt.

Voor de polymeerdosering zijn de verschillen tussen DAF en de fijnzeef groot. Voor het behalen van vergelijkbare verwijderingsrendementen is voor de fijnzeef een polymeerdosering van 17 ppm nodig voor een stabiele afscheidbare vlok, waar de DAF unit 1,8 - 2,8 ppm polymeerdosering vereist. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de polymeerpomp van de DAF-unit een minimum heeft van 6 l/h. De polymeerinstelling van de DAF is gedurende de proefperiode afhankelijk geweest van het aanvoerdebiet. De laagste polymeerdosering van 1,8 ppm geeft een vergelijkbaar rendement als een polymeerdosering van 2,8 ppm.

Er zijn 4 metingen verricht bij de DAF-unit waarbij geen polymeer gedoseerd is. Hierbij worden vergelijkbare rendementen behaald als bij de DAF-unit met polymeerdosering. Dit geeft aan dat een polymeerdosering wellicht niet nodig is voor full-scale toepassing of dat de polymeerdosering nog lager dan 1,8 ppm kan zijn om vergelijkbare rendementen te behalen.

Uit bedrijfsvoering en resultaten blijkt dat gebruik van coagulant en polymeer voor de DAF-unit een stabiel rendement geeft bij een brede range aan coagulant- en polymeerdoseringen. De vlokvorming is stabiel bij zowel het anionische polymeer (Nalco 71601) als het kationische polymeer (Brenntag CF105). De reden hiervoor is dat de structuur van de vlok en de vloggrootte geen grote invloed hebben op het verwijderingsrendement van de DAF-unit. Voor de fijnzeef zijn de vloggrootte, stevigheid en structuur veel kritischer. Dit hangt samen met de wijze van aanvoer van vlokken vanuit de flocculatietank naar de fijnzeef. Door turbulentie in de aanvoerleiding en het ontwerp van de inlaatconstructie, worden vlokken kapotgeslagen. De kapotgeslagen vlokken slaan door het filterdoek, waardoor het rendement afneemt. De resultaten bij een polymeerdosering van 17 ppm bij de fijnzeef geven aan dat hoge verwijderingsrendementen wel mogelijk zijn. Hierbij geeft het kationische polymeer een stevigere vlok dan het anionische polymeer. Hiervoor zal dan een goede inlaatconstructie voor de fijnzeef moeten worden ontworpen waarbij weinig turbulentie optreedt. Het is niet mogelijk geweest om dit te testen met de geleverde pilotinstallatie.

5.5.1 Effecten coagulatie en flocculatie op BZV_5/N en BZV_5/P verhouding

Tabel 5.13 geeft de gemiddelde BZV_5/N en BZV_5/P verhoudingen weer voor lamellenbezinker, fijnzeef (zonder toevoeging van coagulant en flocculant), de DAF unit (met toevoeging van coagulant en flocculant) en het centraat van het flotatieslib van de DAF unit. Voor een goede werking van denitrificatie op de RWZI Eindhoven dient de BZV_5/N -verhouding > 3 te zijn en voor biologische P verwijdering de BZV_5/P verhouding > 20 te zijn.

Tabel 5.13: gemiddelde BZV_5/N en BZV_5/P verhoudingen influent en filtraat/eluaat/centraat

Pilotinstallatie/slibstroom	BZV_5/N influent	BZV_5/N filtraat/eluaat/centraat	BZV_5/P influent	BZV_5/P filtraat/eluaat/centraat
Lamellenbezinker	3,7 [3,4 - 4,7]	3,1 [3,0 - 3,3]	26,2 [21,6 - 34,1]	21,9 [17,8 - 25,0]
Fijnzeef	3,6 [3,0 - 4,7]	2,5 [1,2 - 3,2]	29,6 [22,2 - 40,0]	18,0 [8,9 - 25,6]
DAF met chemicaliën	4,1 [2,5 - 7,3]	1,0 [0,2 - 1,8]	26,4 [19,0 - 41,0]	38,1 [23,6 - 47,0]
Centraat flotatieslib DAF	2,8 [2,5 - 3,2]	2,4 [1,0 - 5,2]	20,3 [19,0 - 22,6]	11,3 [5,8 - 21,5]

Uit de resultaten van tabel 5.13 blijkt dat:

- de BZV_5/N en BZV_5/P verhouding na lamellenbezinking voldoende zijn voor een goede werking van de biologie;

- de BZV_5/N en BZV_5/P verhouding na behandeling door de fijnzeef kritisch zijn;
- bij maximale verwijdering via een DAF-unit met chemicaliën de BZV_5/N verhouding te laag is voor een goede denitrificatie. De BZV_5/P verhouding is voldoende hoog, maar doordat de concentratie P-totaal gemiddeld 0,7 mg/l is, kan dit eveneens de goede werking van de biologie belemmeren vanwege tekort aan biologisch beschikbaar fosfaat. In vervolgonderzoek zal moeten worden uitgezocht of het mogelijk is om de BZV_5/N verhouding zo te sturen is dat nageschakelde denitrificatie mogelijk blijft;
- de BZV_5/N verhouding in het centraat van het ontwaterde flotatieslib gemiddeld vergelijkbaar is aan het influent. Hierbij gaat het om 3 metingen, waarbij de BZV_5/N -verhouding van 2 metingen 1 is en 1 meting 5,2. Centraat kan mogelijk als C-bron gebruikt worden. Vervolgonderzoek zal nodig zijn om dit verder uit te diepen. De BZV_5/P verhouding in het centraat is echter een factor 2 lager dan in het influent.

5.6 Onderzoeksvraag 5: mogelijkheden tweetraps filtratie in plaats van chemicaliëndosering

Is het mogelijk om zonder dosering van chemicaliën een microzeef na te schakelen aan één van de andere pilotinstallaties?

De OB-belasting op de microzeef bij naschakeling aan de lamellenbezinker of de fijnzeef is te groot om deze met een 10 of 20 μm filterdoek toe te passen. Door de hoge OB-belasting viel het filter continu in de spoelmodus, waardoor de netto doorzet lager dan 1 m/h uitviel. Hierdoor is naschakeling van de microzeef met een 10 of 20 μm filterdoek niet toepasbaar op riooloverstortwater.

In de discussie zijn de resultaten van de microzeef meegenomen om op deze wijze de effecten van 20 μm filtratie te beschouwen. Indien er (in de toekomst) een alternatieve techniek voor absolute 20 μm filtratie toegepast kan worden, waarbij de vuilbelasting geen limiterende factor is, dan geven de behaalde resultaten een goede indicatie van de te verwachten rendementen op OB, CZV en P-totaal.

5.7 Onderzoeksvraag 6: effecten van variatie in DWA en RWA op technieken

Wat zijn de effecten van variatie in DWA/RWA, hydraulische belasting en concentraties op de bedrijfsvoering en de verwijderingsrendementen van de technieken (hoogte en stabiliteit) en hoe is zijn deze te minimaliseren?

De effecten van variaties in DWA/RWA (in essentie de concentraties en hydraulische belasting) op de bedrijfsvoering en verwijderingsrendementen zijn per techniek beschreven.

Lamellenbezinker:

- Het verwijderingsrendement is vooral afhankelijk van de deeltjesgrootteverdeling en niet zo zeer van de concentratie. In tabel 4.4 en 4.5 (paragraaf 4.3.4) zijn de resultaten voor CZV en CZV > 10 μm weergegeven. Hierbij is te zien dat het gemiddelde rendement op CZV bij overstortsituaties hoger is dan bij reguliere situaties. Dit komt door het hogere rendement op CZV > 10 μm ;
- Het verwijderingsrendement op OB voor de lamellenbezinker neemt af bij een oplopende hydraulische belasting. Bij lamellenpakketten kleiner dan 3 cm neemt het rendement sneller af bij een oplopende hydraulische belasting dan bij lamellenpakketten van 3 cm. Doordat bij kleinere plaatafstanden sneller turbulentie (voor goede bezinking is laminaire stroming nodig) optreedt dan bij grotere plaatafstanden is dit een logisch beeld;
- De vuilbelasting van DWA (regulier) is gemiddeld gezien hoger dan bij RWA (overstort). Doordat de lamellenbezinker dagelijks onder DWA condities is getest, is de vuilbelasting hoger dan onder RWA condities. Bij toepassing van lamellenpakketten in een bergingsbezinkbasin kan de reinigingsfrequentie lager uitvallen dan gedurende de proefperiode.

DAF

Algemeen

- Op basis van de pilotinstallatie kan geen inschatting gemaakt worden van het effect van hydraulische belasting. Doordat het debiet door de pijpflocculator limiterend was op de aanvoer van de pilot was het niet mogelijk om de installatie maximaal hydraulisch te belasten;
- Indien de maximale hydraulische belasting niet overschreden wordt, hebben variaties op vuilbelasting en hydraulische belasting geen invloed op de bedrijfsvoering.

Specifiek voor zonder voorgeschakelde coagulatie en flocculatie

- Het verwijderingsrendement neemt toe bij hogere concentraties OB (tabel 4.9 paragraaf 4.4.3). Er zijn slechts 4 metingen onder RWA omstandigheden verricht, maar de gemiddelde OB concentratie van deze metingen is hoger dan onder DWA omstandigheden. Hieruit is af te leiden dat bij hogere concentraties een hoger rendement wordt behaald;

Specifiek bij voorgeschakelde coagulatie en flocculatie

- Wisselende concentraties OB, CZV en P-totaal hebben geen invloed op het verwijderingsrendement. Het rendement blijft stabiel ongeacht de ingaande concentratie;
- Bij zeer lage concentraties gedurende RWA situaties is mogelijk een hogere instelling voor de Me:PO₄-P verhouding nodig.

Fijnzeef

Specifiek voor zonder voorgeschakelde coagulatie en flocculatie

- Het verwijderingsrendement van de fijnzeef is hoger indien de installatie gevoed wordt met de maximale hydraulische capaciteit. Bij lagere belastingen neemt het rendement af;
- Het verwijderingsrendement is vooral afhankelijk van de deeltjesgrootteverdeling en niet zo zeer van de concentratie. In tabel 4.26 en 4.27 (paragraaf 4.5.4) zijn de resultaten voor CZV en CZV > 10 µm weergegeven. Hierbij is te zien dat het gemiddelde rendement op CZV bij overstortsituaties globaal hoger is dan bij reguliere situaties. Dit komt door het hogere rendement op CZV > 10 µm.

Specifiek bij voorgeschakelde coagulatie en flocculatie

- Wisselende concentraties OB, CZV en P-totaal hebben in principe geen invloed op het verwijderingsrendement. Het rendement blijft stabiel ongeacht de ingaande concentratie. Het voorkomen van turbulentie in de aanvoer (stabiliteit vlokken) is van groter belang;
- Om stabiele vlokken te behouden is de fijnzeef hydraulisch beperkt. Daarnaast speelt de mate van hechting van de vlokken aan het filterdoek ook een rol. Tijdens de proeven is gebleken dat de vlokken lastig aan het filterdoek blijven hechten;
- Bij zeer lage concentraties gedurende RWA-situaties een hogere instelling voor de Me:PO₄-P verhouding nodig zijn.

Microzeef

- De OB-belasting is te hoog voor behandeling van het eluaat van de lamellenbezinker en het filtraat van de fijnzeef met een microzeef. Bij lage concentraties OB kan de microzeef goede verwijderingsrendementen behalen, maar onder DWA omstandigheden is de concentratie OB te hoog gebleken in de aanvoer. Dit betekent dat gedurende een first flush de microzeef hogere concentraties niet effectief kan behandelen;
- Door de hoge OB-belasting is het niet mogelijk geweest om verschillende hydraulische belastingen te testen.

5.8 Onderzoeksvraag 7: relevante ontwerpparameters

Welke ontwerpparameters zijn relevant per techniek en hoe verhoudt dit zich tot de verwijderingsrendementen?

In deze paragraaf worden de ontwerpparameters van de diverse technieken vergeleken waarbij de verschillende pilotinstallaties stabiel functioneren. Plaat- en doekbelastingen hebben een directe invloed op de ontwerpwaarden voor een full-scale installatie. Hoe hoger de oppervlaktebelasting des te minder installaties er nodig zijn voor het te behandelen debiet op de RWZI Eindhoven. Overige parameters worden in paragraaf 5.10 vergeleken op basis van de toepasbaarheid op de RWZI Eindhoven of op een riooloverstortlocatie.

Tabel 5.14: overzicht plaat-, doek- en oppervlaktebelasting verschillende technieken gebaseerd op behaalde resultaten

Pilotinstallatie of combinatie van pilotinstallaties	Plaat- / doekbelasting [m/uur]	Oppervlakte belasting [m/uur]	Geschatte oppervlakte belasting voor full-scale [m/uur]
Lamellenbezinker	0,60 (1)	4,5	3,5
Daf unit	3,5	9,3	30
Fijnzeef (158 µm)	190	95	95
Microzeef (20 µm)	0,9	0,9	0,9
DAF + chemicaliën	3,5	9,3	30
Fijnzeef (158 µm) + chemicaliën	22	11	20

(1) Nominaal, maximaal tot 1,10 m/h, dit geeft een lager verwijderingsrendement op OB

Uit het overzicht van tabel 5.14 blijkt dat:

- de doekbelasting van de microzeef voor een stabiele bedrijfsvoering is dermate laag is dat een scenario waarbij de microzeef nageschakeld wordt aan de lamellenbezinker of de fijnzeef niet realistisch is;
- er geen verschil is in plaatbelasting voor een DAF zowel zonder als met voorgeschakelde coagulatie en flocculatie;
- voor het behalen van een voldoende waterkwaliteit coagulatie en flocculatie voorafgaand aan een DAF of fijnzeef noodzakelijk is waardoor de oppervlaktebelasting van de DAF-unit op full-scale op 50% hoger wordt geschat dan de fijnzeef.

Het primaire ontwerppunt voor een DAF is de plaatbelasting. De plaatbelasting voor DAF is met 3,5 m/uur zowel zonder als met voorgeschakelde coagulatie en flocculatie vergelijkbaar. Indien een DAF-installatie met deze plaatbelasting wordt opgeschaald naar een full-scale installatie dan lijkt een oppervlaktebelasting van circa 30 m/uur haalbaar. Volgens de leverancier Nijhuis Water Technology is dit in de praktijk realiseerbaar.

Door de opgedane ervaring met de bedrijfsvoering van een fijnzeef bij dosering van coagulant en flocculant is het niet realistisch om een hogere oppervlaktebelasting te verwachten om de volgende redenen:

- bij de huidige oppervlaktebelasting is waargenomen dat de vlokken moeilijk aan het doek hechten, hogere oppervlaktebelastingen zullen enkel resulteren in meer ophoping van vlokken boven het filterdoek;
- bij een hoger debiet treedt meer turbulentie op, dit kan eventueel verminderd worden door wijzigingen in de aanvoerconstructie. Zelfs bij een vlakke aanvoer zal bij een hoog debiet veel turbulentie ontstaan boven het doek.

5.9 Onderzoeksvraag 8: voorwaarden voor stabiele bedrijfsvoering voor behandeling van riooloverstortwater

Welke voorwaarden zijn noodzakelijk voor een stabiele en robuuste bedrijfsvoering indien een techniek alleen periodiek in gebruik is voor behandeling van riooloverstortwater?

In deze paragraaf zijn per techniek de voorwaarden weergegeven voor een stabiele en robuuste bedrijfsvoering bij het periodiek behandelen van riooloverstortwater of overstortwater van de RBT.

Lamellenbezinker:

- De lamellenpakketten moeten een plaatafstand van minimaal 3 cm hebben om verstoppingen te voorkomen. Door de grotere plaatafstand kunnen de pakketten een grotere hydraulische belasting verwerken bij laminaire stroming. Dit resulteert in een hogere oppervlaktebelasting;
- De stabiliteit van verwijderingsrendementen op OB is niet direct afhankelijk van de plaatafstand, maar van het stromingsprofiel tussen de platen, zoals bij het vorige punt omschreven is;
- Lamellenpakketten moeten tijdig gereinigd of vervangen worden. Op basis van het proefonderzoek is de inschatting dat de pakketten eens per jaar of per 2 jaar gereinigd dienen te worden om verstoppingen te voorkomen. De frequentie van reiniging is afhankelijk van het aantal overstorten per jaar en de vuilbelasting van deze overstorten.

DAF

- Door de schaalgrootte is de pijpflocculator gevoelig voor drukopbouw. Door met geroerde mengtanks te werken is dit te voorkomen;
- Bij voorgeschakelde coagulatie en flocculatie is vooral de coagulatie van belang. Bij een Me:PO₄-P van minimaal 2,5 is de verwijdering hoog, ongeacht of er (on)voldoende flocculant gedoseerd is;
- De DAF-unit dient gevuld te zijn met (schoon) water om snel op te kunnen starten;
- De DAF heeft bewezen een zeer stabiele techniek te zijn waarbij het verwijderingsrendement stabiel blijft bij een brede range van instellingen.

Fijnzeef

- Voor verwijdering van OB uit het op het RWZI Eindhoven geteste afvalwater is een 158 µm filterdoek in plaats van een 350 µm filterdoek nodig;
- Er moeten voldoende deeltjes groter zijn dan de maaswijdte van het filterdoek in het te behandelen afvalwater;
- De fijnzeef functioneert beter bij een hoog aanvoerdebiet dan bij een laag aanvoerdebiet bij een kleiner doekoppervlak. Vooraf is door de leverancier gesteld dat een lager waterniveau en daarmee kleiner effectief doekoppervlak geen invloed heeft op het verwijderingsrendement. Gedurende het proefonderzoek is aangetoond dat bij benutting van bijna de volledige capaciteit van de installatie het verwijderingsrendement op OB toeneemt;
- Bij toepassing van coagulatie en flocculatie is een goede aanvoerconstructie noodzakelijk. Het voorkomen van turbulentie zal resulteren in een hoger verwijderingsrendement. Doordat in de gebruikte opstelling te veel turbulentie optreedt, vindt vlokdoorslag plaats en neemt het verwijderingsrendement af;
- Spoeling met perslucht, koud en warm water is nodig om te voorkomen dat het filterdoek dicht groeit (bacteriën/alg). Met name bij discontinu gebruik is dit een voorwaarde.

Microzeef

- De vuilbelasting (OB-concentratie) dient binnen de ontwerpwaarden te vallen. Bij 10/20 µm filtratie is de vuilbelasting in het eluaat van de lamellenbezinker of het filtraat van de fijnzeef te hoog gebleken;

- Spoeling met schoon (wellicht verwarmd) water is nodig om te voorkomen dat het filterdoek dichtgroeit (bacteriën/algen). Met name bij discontinu gebruik is dit een voorwaarde;
- Het is niet mogelijk de microzeef op een stabiele wijze toe te passen op riooloverstortwater.

5.10 Onderzoeksvraag 9: resultaten proefonderzoek in vergelijking tot de verwachtingen

Hoe verhouden de behaalde resultaten zich tot de verwachtingen die er waren met de verschillende technieken voorafgaand aan het pilotonderzoek?

In tabel 5.15 zijn de verwachtingen vanuit het haalbaarheidsonderzoek getoetst aan de resultaten van het onderzoek. Hierbij is bij de verwijdering van stoffen uitgegaan van de technieken zonder voorgeschakelde coagulatie en flocculatie. De waarden tussen haakjes geven de verwachtingen weer voorgaand aan de start van het pilotonderzoek.

Tabel 5.15: toetsing verwachtingen haalbaarheidsonderzoek aan resultaten proefonderzoek (tussen haakjes de inschatting voorafgaand aan het pilotonderzoek)

Parameter	DAF	Lamellen-bezinker	Microzeef	Fijnzeef
verwijdering stoffen				
grovere delen >3 mm	- (-)	- (-)	- (-)	++ (-)
vet	++ (++)	+ (+)	- (0)	+ (-)
Zand	++ (++)	++ (++)	++ (++)	++ (++)
Onopgeloste bestanddelen	+ (++)	+ (0)	+ (++)	+(++)
opgelost CZV	- (0)	- (0)	- (0)	- (-)
NH ₄ ⁺	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)
fosfaat gebonden	-/0 (++)	-/0 (+)	0/+ (+)	-/0 (-)
technologisch				
bestand tegen grote fluctuaties vuilbelasting	++ (0)	+ (+)	- (0)	++ (+)
bestand tegen grote hydraulische fluctuaties	0 (0)	0 (+)	- (0)	0/+ (+)
korte opstarttijd (<5 min)	++ (++)	++ (++)	++ (++)	++ (++)
robuust/proven	++ (+)	++ (++)	+ (+)	++ (+)
Werking met chemicaliën	++ (+)	n.v.t.	n.v.t.	0 (+)
overige hulpstoffen	+	++	++	0
footprint	0 (+)	0 (0)	+ (-)	++ (++)
veiligheid	+ (+)	+ (+)	++ (++)	+ (+)
energiegebruik	0 (0)	0 (+)	0 (0)	0 (0)
praktijkervaring met overstortwater	0 (0)	+ (+)	+ (0)	0 (0)

[-] = niet geschikt **OF** 0 - 25 %
 [0] = matig geschikt **OF** 25 - 50 %
 [+] = geschikt **OF** 50 - 75 %
 [+ +] = goed geschikt **OF** 75 - 100 %
 [n.v.t.] = niet bekend/niet van toepassing

Vanuit de vergelijking in tabel 5.15 blijkt globaal dat:

- de verwachting voor verwijdering van gebonden fosfaat en opgelost CZV vooraf te hoog zijn ingeschat. Zonder coagulatie en flocculatie vindt er geen verwijdering plaats van deze stoffen;
- DAF en de fijnzeef beter met fluctuaties van vuilbelasting om kunnen gaan dan vooraf verwacht was;
- de fijnzeef met voorgeschakelde coagulatie en flocculatie minder goed presteert dan verwacht;
- de microzeef niet goed met fluctuaties (door de hoge OB belasting) in vuilbelasting (en daardoor ook in hydraulische belasting) kan omgaan.

5.11 Onderzoeksvraag 10: toepasbaarheid technieken op overstortwater vanuit RBT en riolering

Welke techniek is het meest geschikt voor behandeling van overstortwater uit het rioolstelsel zelf en/of op de RWZI Eindhoven?

5.11.1 Rioloverstort locaties

De verschillende technieken presteren op het gebied van te behalen filtraatconcentraties zonder gebruik van chemicaliën in dezelfde orde van grootte. Om een substantiële verbetering te behalen van de afvalwaterkwaliteit vanuit een rioloverstort is coagulatie en flocculatie noodzakelijk en zijn van de geteste configuraties, DAF en fijnzeef met toevoeging van een coagulant en flocculant de enige opties. Het gebruik van chemicaliën is echter niet gewenst vanwege opslagrisico's in een woonwijk. Vloeibaar polymeer heeft daarnaast een korte houdbaarheid en het aanmaken van een poederpolymeer kost meer dan 15 minuten, waardoor het minder geschikt is.

Gezien de mogelijke oppervlaktebelasting zijn een lamellenbezinker geïntegreerd in een bergbezinkbassin en de fijnzeef zonder toevoeging van coagulant en flocculant de meest voor de hand liggende technieken voor behandeling van rioloverstortwater. Een DAF-installatie geeft vergelijkbare rendementen als een fijnzeef, echter een DAF is veel lastiger in te bouwen in een rioloverstort. Het toepassen van een tweetrapsfiltratie door een microzeef met een filterdoek van 10 of 20 µm na te schakelen, is praktisch niet mogelijk omdat de OB-belasting na een lamellenbezinker of fijnzeef hiervoor te hoog is.

In tabel 5.16 wordt lamellensysteem met een plaatafstand van 3 cm geïntegreerd in een bergbezinkbassin vergeleken met de fijnzeef.

Tabel 5.16: vergelijking tussen fijnzeef en lamellenbezinker voor rioloverstortlocatie

Parameter	Eenheid	Fijnzeef exclusief coagulatie/flocculatie	Lamellenbezinker pakketten met 3 cm plaatafstand
Verwijderingsrendementen:			
OB verwijdering	%	59 [19 – 81]	37 [6 – 63]
CZV verwijdering	%	33 [13 – 58]	17 [3 – 49]
CZV>10 µm verwijdering	%	55 [42- 84]	34 [5 – 68]
P-totaal verwijdering	%	8 [0 – 30]	8 [1 – 23]
Ontwerpparameters:			
- netto oppervlaktebelasting	m/uur	30	3,5
- plaatbelasting	m/uur	n.v.t.	0 – 1,10
- doekbelasting	m/uur	0 - 120	n.v.t.
- opstarttijd	min	< 5	0
- droge stofgehalte spuislib	% ds	15 - 25	n.b.
Kwalitatieve vergelijking:			
- processtabiliteit		+	+
- geen effect variatie in DWA/RWA en OB belasting op filtraatkwaliteit		+	+
- robuustheid technologie		++	+
- footprint t.o.v. bergingsbezinkbassin		++	+
- bergend vermogen		-	+
- extra voorzieningen benodigd		-	+
- onderhoud (kosten en frequentie)		0	+

Uit de vergelijking in tabel 5.16 blijkt dat:

- de fijnzeef zowel qua maximale verwijderingsrendementen als qua benodigde grootte voor full-scale installatie beter scoort dan een lamellensysteem geïntegreerd in een bergingsbezinkbasin voor op een riooloverstort;
- het lamellensysteem beter scoort op bergend vermogen, en de benodigde voorzieningen (geen perslucht, schoon water toevoer, slibbuffer nodig) dan de fijnzeef.

5.11.2 Vervangen voorbezinktanks RWZI Eindhoven

Op basis van een eerste verkenning binnen KALLISTO lijkt het interessant om de bestaande voorbezinktanks op de RWZI Eindhoven te vervangen door een fijnzeef of een DAF-installatie en de bestaande voorbezinktanks bij RWA te gebruiken als tijdelijke buffer.

Zonder toevoeging van chemicaliën zal het rendement voor beide technieken voor OB rond de 55% liggen. De fijnzeef kan echter 2 à 3 keer de oppervlaktebelasting aan van de DAF-unit verwerken en heeft dus voor deze optie de voorkeur.

Omdat naar verwachting hogere rendementen benodigd zijn, is (onder)dosering van chemicaliën noodzakelijk. De te doseren hoeveelheid bepaalt mede de BZV₅:N verhouding in het eluaat van DAF en deze verhouding mag niet te laag worden. Anders zal de nageschakelde biologische zuivering worden geremd.

Op basis van de onderzoeksresultaten is een DAF met coagulatie via aluminiumsulfaat en flocculatie met een anionisch polymeer het meest effectief gebleken. In tabel 5.17 is een vergelijking weergegeven met de belangrijkste verschillen en overeenkomsten tussen beide technieken voor deze toepassing.

Tabel 5.17: vergelijking tussen fijnzeef en DAF met voorgeschakelde coagulatie en flocculatie

	eenheid	fijnzeef inclusief coagulatie/flocculatie	DAF inclusief coagulatie/flocculatie
Verwijderingsrendementen:			
OB verwijdering	%	84 [61 – 99]	91 [72 – 99]
CZV verwijdering	%	62 [52 – 84]	70 [51 – 87]
CZV>10 µm verwijdering	%	83 [57 – 94]	93 [71 – 100]
P-totaal verwijdering	%	85 [52 – 95]	89 [62 – 98]
Chemicaliëngebruik:			
- Aluminiumsulfaat	Me:PO ₄ -P	3,5	3,5
- polymeer voor afscheidbare vlokken	ppm	17	1,8-2,8
Ontwerpparameters:			
- oppervlaktebelasting	m/uur	10	30
- plaatbelasting	m/uur	-	3,5
- doekbelasting	m/uur	44	-
- opstarttijd	min	< 5	< 5
- droge stofgehalte spuislib	% ds	1-3	2-5
Kwalitatieve vergelijking:			
- processtabiliteit		-	+
- vorming stabiele vlokken		0	+
- geen effect variatie in DWA/RWA en OB belasting op filtraatkwaliteit		0	+

- dosering coagulant en polymeer mogelijk op ingaande belasting		0/+	+
- sturing filtraatkwaliteit via onderdosering coagulant en/of polymeer		0	0
- robuustheid technologie		0	+

Uit bovenstaande tabel blijkt dat DAF zowel qua maximale verwijderingsrendementen, benodigde dosering van polymeer, benodigde grootte full-scale installatie, processtabiliteit en robuustheid structureel beter scoort dan een fijnzeef voor een vergelijkbare toepassing.

5.11.3 Andere toepassingen op RWZI Eindhoven

Deze paragraaf geeft nog twee alternatieve mogelijkheden voor de toepassing van de geteste pilotinstallaties. De volgende opties zijn mogelijk interessant voor de RWZI Eindhoven:

- vervangen regenwaterbuffertank (totale stroom)
- behandelen effluent regenwaterbuffertank

Op de RWZI Eindhoven is gebruik van chemicaliën nodig voor extra verwijdering van OB en CZV als aanvulling op de regenwaterbuffertank. Zoals eerder is gebleken, is een fijnzeef met voorgeschakelde coagulatie/flocculatie niet stabiel en is er veel meer polymeer nodig voor een goede afscheidbare vlok. Tevens geldt dat de mogelijke oppervlaktebelasting van de fijnzeef lager is dan een DAF-unit. Bij deze variant is coagulatie/flocculatie gevolgd door DAF de beste optie.

Een DAF met toevoeging van coagulant en flocculant kan ook in plaats van de RBT worden ingezet. Hierbij zal de totale waterstroom boven het hydraulische maximum van de biologie van 26.500 m³/uur behandeld kunnen worden door een DAF. Door de hoge rendementen van de DAF op zuurstof bindende stoffen (OB, CZV) zal deze bypass stroom bij RWA veel verder worden gezuiverd en zal de kwaliteit van deze stroom vermengd met effluent van de RWZI worden verbeterd.

6 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

6.1 Resultaten onderzochte technieken

Lamellenbezinker

- Het lamellenpakket in een bergbezinkbassin moet een onderlinge plaatafstand van 3 cm hebben om verstopping te voorkomen. Pakketten met een plaatafstand < 3 cm verstoppem relatief snel en zijn lastig te reinigen.
- Door gebruik te maken van pakketten met een plaatafstand van 3 cm zijn vergelijkbare verwijderingsrendementen voor OB, CZV en P-totaal te halen als met een lamellen pakket met een configuratie 3 cm + 3 cm + $\frac{3}{4}$ " + $\frac{3}{4}$ ". Indien in een full-scale installatie 3 of 4 pakketten van 3 cm in serie worden gezet, is het wellicht mogelijk lamellenbezinking toe te passen met een plaatbelasting hoger dan 1,1 m/uur waarbij de reinigingsfrequentie acceptabel blijft.
- Het lamellensysteem is een optie om toe te passen op een riooloverstort. De oppervlaktebelasting van het lamellensysteem is lager dan de fijnzeef, maar heeft als voordeel dat het een vuilbergend vermogen heeft en relatief simpel systeem zonder dat extra voorzieningen noodzakelijk zijn.

DAF installatie

- Een DAF-installatie is goed toepasbaar bij grote variaties in hydraulische en vuilbelasting en is zowel op processtabiliteit als verwijderingsrendement een zeer stabiele techniek gebleken. Bij voorschakeling van coagulatie en flocculatie zijn zeer hoge rendementen te behalen en is het eluaat helder.
- Een DAF-installatie heeft tijdens dit proefonderzoek met voorgeschakelde coagulatie en flocculatie hogere maximale verwijderingsrendementen laten zien en was de techniek zowel qua bedrijfsvoering en verwijderingsrendementen stabielere dan een fijnzeef. Tevens is bij DAF minder chemicaliën noodzakelijk om goed afscheidbare vlokken te maken.

Fijnzeef

- Een fijnzeef met toevoeging van chemicaliën is minder stabiel qua afscheiding dan een DAF. Met name de constructie van de inlaat van de fijnzeef veroorzaakt veel turbulentie, waardoor pas gevormde vlokken kapot slaan. Pas bij een polymeerdosering van 17 ppm is het mogelijk om het kapot slaan van vlokken enigszins te voorkomen. Daarnaast hechten gevormde vlokken moeilijk aan het doek waardoor koekvorming op het filterdoek lastiger is. Om deze redenen is de verwachting dat indien coagulatie/flocculatie wordt voorgeschakeld bij een full-scale toepassing, het niet mogelijk is om, met de geteste installatie, hogere doekbelastingen dan 20-30 m/uur toe te passen.
- Een fijnzeef kan goed toegepast worden op een riooloverstort. Het voordeel van de fijnzeef is dat de oppervlaktebelasting hoger is dan bij een lamellensysteem. Het is van belang om de fijnzeef hydraulisch volledig te belasten. Bij een lagere hydraulische belasting neemt het rendement af. Indien er meerdere fijnzeven toegepast worden, heeft het de voorkeur om afhankelijk van het te behandelen debiet één of enkele fijnzeven maximaal hydraulisch te belasten in plaats van alle fijnzeven tegelijk op een lager debiet in werking te stellen.

Microzeef

- De OB-belasting mag niet te hoog zijn om de microzeef stabiel te laten functioneren. Bij een lamellenbezinker of fijnzeef, voorgeschakeld aan de microzeef met een filterdoek met maaswijdte < 20 μm , was de OB-belasting nog te hoog waardoor geen stabiele bedrijfsvoering mogelijk was. Bij een hogere OB-belasting valt de microzeef continu in spoelmodus en is de netto doorzet maximaal 1 m/uur waardoor installaties in de praktijk erg groot zullen worden.

- Indien er een techniek voor 20 µm filtratie ontwikkeld wordt welke de benodigde OB-belasting kan verwerken, geeft dit onderzoek een goede indicatie van de te behalen verwijderingsrendementen.

6.2 Toepasbaarheid technieken

- Voor behandeling van riooloverstortwater is een lamellenbezinker geïntegreerd in een bergbezinkbassin of een fijnzeef zonder toevoeging van coagulant en flocculant de meest voor de hand liggende techniek. Een DAF-installatie geeft vergelijkbare rendementen als een fijnzeef, echter een DAF-installatie is veel lastiger op een riooloverstortlocatie in te bouwen. Een tweetrapsfiltratie door een microzeef met een filterdoek van 10 of 20 µm na te schakelen, is praktisch niet mogelijk omdat de OB-belasting na een lamellenbezinker of fijnzeef te hoog is. De toepasbaarheid van deze technieken hangt vooral af van de specifieke omgeving van de riooloverstort.
- Tijdens het pilotonderzoek zijn vergelijkbare rendementen behaald met een DAF en een fijnzeef in vergelijking tot de regenwaterbuffertank. Hierdoor is het niet zinvol om in de toekomst op de RWZI Eindhoven de RBT te vervangen door deze techniek indien er geen chemicaliën worden gedoseerd.
- Op basis van een eerste verkenning binnen KALLISTO lijkt het interessant om de bestaande voorbezinktanks op de RWZI Eindhoven te vervangen. Op basis van de onderzoeksresultaten is een DAF met voorgeschakelde coagulatie via aluminiumsulfaat en flocculatie met een anionisch polymeer als techniek het meest kansrijk. Zowel qua maximale verwijderingsrendementen, benodigde dosering van polymeer, benodigde grootte full-scale installatie, processtabiliteit en robuustheid structureel scoort een DAF beter dan een fijnzeef voor deze toepassing.

6.3 Aanbevelingen

- Om de technische en economische haalbaarheid van DAF op semi-praktijkschaal te testen is het noodzakelijk om uitgebreider proefonderzoek te doen met een grotere DAF-installatie. Hierbij dienen de volgende aspecten nader verkend te worden:
 - het verkrijgen van een zo hoog mogelijke verwijdering van OB en CZV > 10 µm waarbij de BZV_5 / CZV -verhouding ten opzichte van stikstof voldoende hoog blijft (BZV_5 / N -verhouding > 2,5) voor eventuele nageschakelde denitrificatie. Hiervoor dient een on-line doseerregeling voor coagulant en polymeer te worden ontwikkeld op basis van online troebelheids- en ortho-fosfaatmeting in de voeding van DAF-unit waarmee de BZV_5 / N -verhouding gestuurd kan worden;
 - de on-line doseerregeling dient hierbij ook getest te worden bij variaties in hydraulische belasting;
 - er dient nader onderzocht te worden of het mogelijk is om structureel goede verwijderingsrendementen te bereiken met alleen dosering van aluminiumsulfaat als coagulant zonder dat polymeer wordt gedoseerd;
 - er dient bepaald te worden wat de beste uitvoeringsvorm voor coagulatie en flocculatie is bij een systeem voor 9.000 m³/uur (mengtanks of pijp flocculator).
- Het is zinvol om de combinatie fijnzeef gecombineerd met coagulatie en flocculatie op pilotschaal te onderzoeken waarbij de fijnzeef is ingebouwd in een goot en de coagulatie en flocculatie via vloktanks plaatsvindt. Hierdoor lijkt het mogelijk om onderstaande knelpunten die tijdens dit pilotonderzoek zijn waargenomen op te lossen:
 - vlokken worden slecht meegenomen met het filterdoek. Door een andere aanstroming met minder turbulentie zullen vlokken waarschijnlijk beter blijven hechten aan het doek en zal er een betere koekopbouw plaatsvinden;
 - Door de weerstand in de voedingsleiding (aantal bochten) en de overloopconstructie in de fijnzeef weg te nemen of te wijzigen zal de turbulentie boven het filterdoek veel lager zijn waardoor minder polymeer nodig is om stevige afscheidbare vlokken te vormen.

Literatuurlijst

- (1) STOWA "Influent fijnzeven in RWZI's" 2010-19
- (2) H.W.H. Menkveld "Selectie zuiveringstechniek behandeling riooloverstortwater - haalbaarheidsonderzoek" Witteveen+Bos 2010
- (3) P. van Dijk en D.Schellekens "proefonderzoek met Fuzzy Filter op de RWZI Eindhoven" Waterschap de Dommel 2011
- (4) STOWA "Vergaande voorzuivering van afvalwater" 2003-20

Bijlage 1:
Selectie zuiveringstechniek behandeling
riooloverstortwater
Haalbaarheidsonderzoek

Bijlage 2:
**Aanbevelingen coagulatie- en flocculatieproces
voor behandeling riooloverstortwater**