

stowa

RAPPORTAGE MEETPROGRAMMA IBA-SYSTEMEN VECHTSTROMEN



RAPPORT

2024
40

RAPPORTAGE MEETPROGRAMMA IBA-SYSTEMEN VECHTSTROMEN

RAPPORT

2024

40

ISBN 978.94.6479.090.4



COLOFON

UITGAVE Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
Postbus 2180
3800 CD Amersfoort

AUTEURS Gertie Schmidt
Leon Kaptein

BEGELEIDINGSCOMMISSIE

Ad de Man, Waterschapsbedrijf Limburg
Bert Palsma, STOWA
Bjartur Swart, STOWA
Carli Aulich, Waterschap Noorderzijlvest
Edith Kruger, Waterschap Vechtstromen
Eric Ebbers, Gemeente Groningen
Johanna Weststrate Hoogheemraadschap Hollandsche Delta
Paul Kemp, Waterschap Drentsoverijsselse Delta
Rien de Ridder, Waterschap Zuiderzeeland
Robin Bos, Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier

VORMGEVING Buro Vormvast
STOWA STOWA 2024-40
ISBN 978.94.6479.090.4

De inhoud van deze uitgave is met de grootst mogelijke zorg samengesteld. Niettemin aanvaarden de auteurs en de uitgever geen enkele aansprakelijkheid voor mogelijke onjuistheden in de publicatie, of eventuele gevolgen door toepassing van de inhoud ervan.

STOWA spant zich in de rechthebbenden van in de uitgave gebruikte afbeeldingen te respecteren conform het auteursrecht. Indien u desondanks van mening bent dat uw rechten in het geding zijn, dan verzoeken wij u contact met ons op te nemen.

TEN GELEIDE

Sinds het einde van de vorige eeuw zijn er in het buitengebied, op plekken waar riolering niet mogelijk of gewenst werd geacht, op grote schaal zogenaamde IBA-systemen aangelegd. Een IBA is een systeem dat het huishoudelijk afvalwater van één huishouding zuivert. Het afvalwater vanuit een IBA kan worden geloosd op het oppervlaktewater of op de bodem.

Met het oog op de toekomstige ontwikkelingen, zowel ten aanzien van het behalen van de KRW doelen als de verwachte toekomstige herinvesteringen, verzamelt STOWA ondersteund door St. RIONED sinds 2020 data van decentrale zuiveringssystemen (waar de IBA's onder vallen) in de zogenaamde Sanimonitor. Samen met betrokken waterschappen is het programma DEBIT-2030 opgezet om met tijdelijke meetcampagnes intensief aan deze systemen te monitoren. De monitoring van microverontreinigingen krijgt hierbij extra aandacht.

In het beheergebied van waterschap Vechtstromen heeft een uitgebreide meetcampagne plaatsgevonden bij een groot aantal IBA's. Het onderzoek richtte zich op de volgende vragen:

1. Hoe groot zijn de emissies vanuit de IBA's?
2. Is er verschil in emissie van de verschillende IBA-systemen?
3. Hoe groot is het zuiveringsrendement van IBA-3A helofytenfiltersystemen?
4. Wat zijn de risico's voor het ontvangend oppervlaktewater?

Aanvankelijk was het de bedoeling de resultaten van het onderzoek vooral te gebruiken voor de interne beleidsvoorbereiding bij Waterschap Vechtstromen. De begeleidingscommissie van het programma DEBIT-2030 achtte de resultaten echter dermate waardevol en van algemeen belang dat zij STOWA heeft gevraagd de rapportage als STOWA-rapport uit te brengen.

Mark van der Werf
Directeur STOWA

STOWA IN HET KORT

HOE WE WERKEN

STOWA is het kennis- en innovatiecentrum voor regionale waterbeheerders in Nederland; de waterschappen en provincies. We helpen ze met het verkrijgen van nieuwe kennis en inzichten die nodig zijn om de opgaven van de regionale waterbeheerders beter te kunnen uitvoeren. Dat doen we door kennisvragen te formuleren en te selecteren in programmacommissies. We zetten ons onderzoek uit bij een keur aan experts, adviesbureaus, instituten en universiteiten, die we begeleiden tijdens hun werk. We zorgen voor de beschikbaarstelling en verspreiding van de kennis, inzichten en antwoorden aan de gezamenlijke waterbeheerders. We stimuleren de uitwisseling van kennis en ervaringen, via bijeenkomsten, werkgroepen, excursies, conferenties en communities of practice. We werken samen met onder andere ministeries, Rijkswaterstaat, gemeenten, drinkwaterbedrijven.

WAT WE ONDERZOEKEN

Inhoudelijk richt STOWA zich op alle onderdelen van waterbeheer, van waterkering en stedelijk waterbeheer tot waterzuivering en watersystemen. Belangrijke thema's daarbij zijn klimaatadaptatie, waterveiligheid, waterkwaliteit en ecologie, energietransitie en circulaire economie.

De kennisvragen die STOWA beantwoordt liggen meestal op technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk-juridisch of sociaalwetenschappelijk gebied. Onze kennis is altijd gericht op de praktijk van regionale waterbeheerders. Dat is waar we voor staan, als Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer.

WIE WE ZIJN

STOWA is als kennisorganisatie onafhankelijk, onpartijdig en transparant. De afnemers van onze kennis moeten erop kunnen vertrouwen dat de inhoud van onze rapporten objectief en representatief is. Alleen zo kan onze kennis worden ingezet voor beter waterbeheer en innovaties die antwoord geven op de uitdagingen van vandaag en morgen. Het is aan regionale waterbeheerders zelf te bepalen hoe ze de kennis van STOWA in de praktijk gebruiken. STOWA kan daarbij een rol spelen als adviseur, maar is geen uitvoerder of regisseur.

STOWA is een stichting die de richtlijnen volgt voor organisaties zonder winstoogmerk (RJ-640). In ons jaarverslag is daarom naast de cijfermatige jaarrekening onder meer ook een directieverslag over de stichting, haar activiteiten en kentallen opgenomen.

RAPPORTAGE MEETPROGRAMMA IBA-SYSTEMEN VECHTSTROMEN

INHOUD

	TEN GELEIDE	
	STOWA IN HET KORT	
1	INLEIDING	1
	1.1 Aanleiding	1
	1.2 Vraagstelling	2
	1.3 Leeswijzer	3
2	DE WERKING VAN EEN IBA	4
	2.1 IBA-systemen in Vechtstromen	4
	2.2 Samenstelling huishoudelijk afvalwater	7
	2.3 Zuiveringsprocessen in IBA's	8
	2.3.1 Fysische processen	8
	2.3.2 Biologische processen	8
	2.3.3 Fysisch-chemische processen	9
3	METHODE	10
	3.1 Meetlocaties	10
	3.2 Metingen	11
	3.3 Registratie onderhoud IBA-systemen	12
4	RESULTATEN	13
	4.1 Organische stoffen	13
	4.1.1 Biochemisch Zuurstofverbruik (BZV)	13
	4.1.2 Chemisch Zuurstofverbruik (CZV)	16
	4.1.3 Onopgeloste stoffen (zwevend stof)	18
	4.1.4 Organisch gebonden stikstof	20
	4.1.5 Zuiveringsrendement organische stoffen helofytenfiltersystemen	21

4.2	Stikstof- en fosforverbindingen	22
4.2.1	Ammonium	22
4.2.2	Nitriet	24
4.2.3	Nitraat	26
4.2.4	Totaal stikstof	28
4.2.5	Totaal fosfor	31
4.2.6	Zuiveringsrendement IBA-3A Helofytenfilters voor stikstof en fosfor	33
4.3	Macro-ionen	34
4.3.1	Chloride	34
4.3.2	Zwavel	36
4.3.3	Kalium	37
4.3.4	Calcium	38
4.3.5	Overige macro-ionen	38
4.3.6	Zuiveringsrendement macro-ionen	39
4.4	Metalen	39
4.4.1	Aluminium	39
4.4.2	Arseen	41
4.4.3	Chroom	43
4.4.4	Mangaan	45
4.4.5	IJzer	46
4.4.6	Kobalt	48
4.4.7	Nikkel	50
4.4.8	Koper	52
4.4.9	Zink	54
4.4.10	Tin	56
4.4.11	Barium	58
4.4.12	Lood	60
4.4.13	Overige metalen	62
4.4.14	Zuiveringsrendement metalen	62
4.5	Zuiveringsrendement IBA-3A helofytenfilters voor geneesmiddelen	62
5	EVALUATIE, CONCLUSIES, AANBEVELINGEN	64
5.1	Evaluatie	64
5.1.1	Bijzonderheden bij bemonstering	65
5.1.2	Emissies organische verbindingen	65
5.1.3	Emissies stikstof- en fosforverbindingen	65
5.1.4	Emissies metalen	66
5.1.5	Zuiveringsrendement IBA-3A helofytenfiltersystemen	68
5.2	Wat zijn de risico's voor het ontvangend oppervlaktewater?	69
5.2.1	Waterkwaliteitseffecten emissies organische stoffen	69
5.2.2	Waterkwaliteitseffecten emissie N en P met focus KRW-doelrealisatie	70
5.2.3	Waterkwaliteitseffecten emissie metalen	71
5.3	Impact beheer en onderhoud	72
5.4	Conclusies	73
5.5	Aanbevelingen	74
6	GERAADPLEEGDE LITERATUUR	76



1

INLEIDING

1.1 AANLEIDING

Huishoudelijk afvalwater mag niet ongezuiverd geloosd worden. In de periode tussen ruwweg 2000 en 2010 zijn op grond van Lozingenbesluiten bij de Wet bodembescherming en de Wet verontreiniging oppervlaktewateren de nog ongezuiverde lozingen van huishoudelijk afvalwater in het buitengebied aangepakt. De lozingen zijn gesaneerd door de aanleg van vrijvervalriolering, mechanische riolering of door middel van individuele systemen voor de behandeling van afvalwater (IBA-systemen). Eind 2010 telde Nederland circa 21.500 IBA-systemen (STOWA, 2014).

IBA-systemen worden verdeeld in verschillende classificaties. Er zijn drie classificaties, waarbij klasse III wordt uitgesplitst in A en B.

- IBA-1: Gericht op fysische zuivering van zwevende stof en een geringe afbraak van organisch materiaal (BZV).
- IBA-2: Gericht op fysische verwijdering van zwevende stof en biologische zuivering van organisch materiaal (BZV).
- IBA-3A: Gericht op fysische verwijdering van zwevende stof en biologische zuivering van organisch materiaal en stikstof (N-totaal).
- IBA-3B: Als klasse 3a, maar met verwijdering van fosfaat (P-totaal).

In het beheergebied van Vechtstromen wordt het huishoudelijk afvalwater van circa 2600 particuliere huishoudens verzameld en gezuiverd in IBA-systemen. Op 1112 locaties (situatie 2022) wordt het effluent van deze decentrale zuiveringsvoorzieningen op het oppervlaktewater geloosd, in de andere gevallen in de bodem. De meest gebruikte systemen door particuliere huishoudens in het beheergebied van waterschap Vechtstromen zijn: IBA-1 verbeterde septictank, IBA-3A compactstelsel en IBA-3A helofytenfilter.

Een intern uitgevoerde verkenning naar de risico's van IBA-systemen voor KRW-doelrealisatie in Vechtstromen laat zien dat hoge concentraties van lozingen op oppervlaktewater vanuit IBA-1 systemen mogelijk substantieel (>10%) kunnen bijdragen aan de totale stikstof- en fosforvrucht van een KRW-afvoergebied en doelrealisatie voor de KRW bemoeilijkt. Op grond

hiervan zijn in het Waterbeheerprogramma 2022-2027 van waterschap Vechtstromen een tweetal maatregelen opgenomen: (1) ‘We starten een project om de werking van IBA’s te controleren (W-B-6)’ en (2) ‘Samen met gemeenten onderzoeken we hoe de emissies uit IBA-systemen verminderd kunnen worden (W-S-3)’.

1.2 VRAAGSTELLING

Om beter zicht te krijgen op de werking van IBA-systemen en op de kwaliteit van het behandelde water dat uit het IBA-systeem komt (effluent), heeft het waterschap in 2023-2024 een uitgebreide meetcampagne uitgevoerd. Het meetprogramma is onderdeel van het landelijke onderzoeksprogramma DEBIT-2030 (www.sanimonitor.nl/handleiding-monitoring/onderzoeks-programma). De monitoring richt zich op IBA’s die lozen op het oppervlaktewater, waarbij de volgende vragen centraal staan:

- Hoe groot zijn de emissies vanuit de IBA’s?
- Is er verschil in emissie van de verschillende IBA-systemen?
- Hoe groot is het zuiveringsrendement van IBA-3A helofytenfiltersystemen?
- Wat zijn de risico’s voor het ontvangend oppervlaktewater?

De monitoringsvragen komen voort uit:

1. De toezichthoudende taak van Vechtstromen
Als toezichthouder wil Vechtstromen graag weten in welke mate de systemen door het jaar heen voldoen aan de geldende lozingsnormen. Dit betreft met name BZV, CZV en N. Aan de hand daarvan kan worden beoordeeld of de waterkwaliteit in het geding is en of er eventueel handhavend moet worden opgetreden.
2. Impact van IBA-systemen op KRW-doelrealisatie
Metingen laten zien dat in specifieke situaties een hoge concentratie van IBA’s van met name klasse 1 het realiseren van de kwaliteitsdoelen in de weg kan staan. Vechtstromen wil meer data om dit verband te duiden.
3. De huidige discussie over de toekomstige voorzieningen bij soortgelijke locaties
Ontwikkelingen in het buitengebied scherpt de vraag naar kennis over de prestaties van verschillende decentrale systemen voor de zuivering van huishoudelijke afvalwater. Informatie die nu nog te weinig voorhanden is, waardoor een goede afweging niet kan worden gemaakt.
4. De onderzoeksvragen vanuit STOWA (DEBIT-2030)
Het vraagstuk met betrekking tot decentrale sanitatie in het landelijke gebied speelt landelijk. Er is veel behoefte aan goede data van in gebruik zijnde systemen. Tegelijkertijd speelt er de discussie over de nieuwe stoffen/micro verontreinigingen. Onbekend is hoe decentrale systemen micro-verontreinigingen (zware metalen, medicijnresten) en pathogenen verwijderen. Bij de nu in gebruik zijnde systemen is hier nog geen onderzoek naar gedaan. Gelet op huidige discussie over micro’s acht STOWA specifiek onderzoek hiernaar van belang.

1.3 LEESWIJZER

In hoofdstuk 2 worden de drie meest voorkomende IBA-systemen in het beheergebied van Vechtstromen toegelicht met nadruk op de zuiveringsprocessen in deze voorzieningen. In hoofdstuk 3 wordt ingegaan op keuzes die zijn gemaakt ten aanzien van de meetlocaties, de te onderzoeken stoffen en de te onderzoeken waterstromen. Hoofdstuk 3 presenteert de monitoringresultaten. Tot slot worden in hoofdstuk 4 de bevindingen vanuit een bredere context geëvalueerd, worden de belangrijkste conclusies gerapporteerd en worden aanbevelingen gedaan.



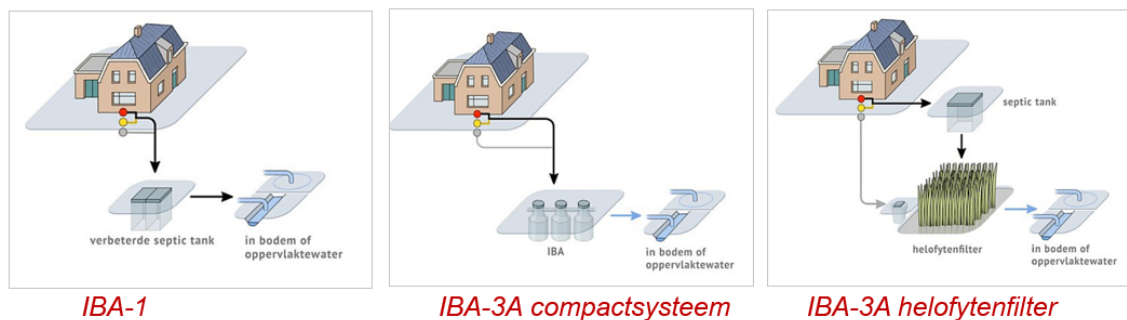
2

DE WERKING VAN EEN IBA

2.1 IBA-SYSTEMEN IN VECHTSTROMEN

Zoals al in de inleiding is benoemd worden er drie klassen IBA's onderscheiden. De systemen in klasse I zijn met name gericht op fysieke verwijdering van zwevende deeltjes (bezinken, zeven). Klasse-II-systemen verwijderen organisch materiaal door oxidatie. Klasse-III-systemen verwijderen bovendien een deel van de stikstof en het fosfaat. De meest gebruikte IBA-systemen in het beheergebied van Vechtstromen zijn: IBA-1 verbeterde septictank, IBA-3A compactstelsysteem en IBA-3A helofytenfilter.

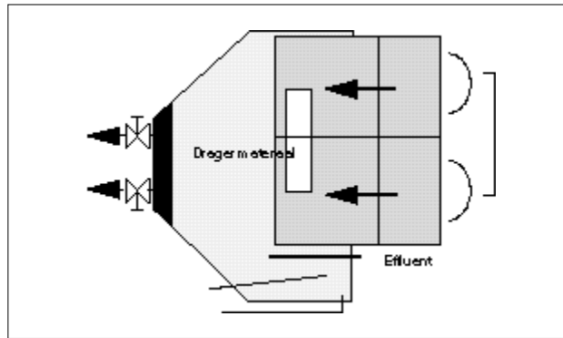
FIGUUR 2.1 SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN DE VERSCHILLENDE TYPE IBA'S DIE IN DIT ONDERZOEK ZIJN MEEGENOMEN



Een verbeterde septictank (IBA-1) is een driekamer septic tank met een inhoud van in totaal 6 m³.

Het type IBA-1 vervult slechts twee belangrijke functies: bezinking en slibbuffer. De biologische omzetting die plaatsvindt is te verwaarlozen. In de praktijk is de controle op de goede werking van een klasse IBA-1 dan ook gericht op deze twee functies. Het effluent moet voldoen aan eisen ten aanzien van:

- geur: het effluent moet nagenoeg reukloos zijn;
- kleur: het effluent moet nagenoeg kleurloos zijn;
- emissie-eisen (op basis van steekmonster) : BZV < 250 mgO₂/l, CZV < 750 mgO₂/l, zwevende stof < 70 mg/l.



Een IBA-3A compactstelsel is een biologische zuiveringsinstallatie veelal in de uitvoering van een actief slibstelsel. De actief slibinstallatie bestaat uit een voorbezinktank, een actief slibtank en een nabezinktank. In de actiefslibtank vindt beluchting plaats, om zuurstof in het water te brengen. Er wordt een biofilm gevormd op een dragermateriaal, zoals geweven metaaldraad. Autotrofe bacteriën als *Nitrosomonas*, *Nitrosospira*, *Nitrospira* en *Nitrobacter* in de biofilm zetten ammonium uiteindelijk om in CO_2 , water en nitraat. In de nabezinktank wordt het slib (de biomassa) gescheiden van het gezuiverde water en voor het grootste deel als retourslib teruggevoerd naar de reactorruimte. Het overtollige slib wordt als spuislib afgevoerd.

Het effluent van IBA-3A systemen moet voldoen aan eisen ten aanzien van:

- geur: het effluent moet nagenoeg reukloos zijn;
- kleur: het effluent moet nagenoeg kleurloos zijn;
- emissie-eisen (op basis van steekmonster): BZV < 40mgO₂/l, CZV < 200 mgO₂/l, zwevende stof < 60 mg/l, stikstof-totaal < 60mgN/l en ammonium-stikstof 4 mgN/l.

TABEL 2.1

DETAILINFO OVER DE IN DIT ONDERZOEK BETROKKEN IBA-1 EN IBA-3A SYSTEMEN

VCT = VERBETERDE SEPTIC TANK

Nr	Jaar van aanleg	Inwonereq.	Volume	Type/leverancier
IBA-1	circa 2005	< 6 i.e.	6 m ³	VCT
IBA-3A Compact	circa 2005	< 6 i.e.	4,5 m ³	Akanova

Een IBA-3A helofytenfilter is een combinatie van een voorbezinktank (bijvoorbeeld een verbeterde septictank), een pompput en een helofytenfilter. Na de voorzuivering komt het afvalwater in de pompput van waaruit het veelal pulsgewijs een aantal keren per dag op het helofytenfilter gepompt wordt. In het helofytenfilter vindt nazuivering plaats met behulp van helofyten (moerasplanten, zoals riet en lisdodde). Op grond van de wijze van doorstroming van het afvalwater wordt onderscheid gemaakt tussen drie typen helofytenfilters: het vloeiveld, het infiltratieveld (verticaal helofytenfilter) en het rietwortelzone-systeem (horizontaal helofytenfilter). In dit onderzoek zijn alleen verticaal doorstroomde helofytenfilters betrokken (zie kader). Tabel 2.2 geeft detailinformatie over de 11 in het monitoringprogramma opgenomen helofytenfiltersystemen. Voor aanvullende informatie over ontwerp en werking van verticaal doorstroomde helofytenfiltersystemen zie het kader op volgende pagina.

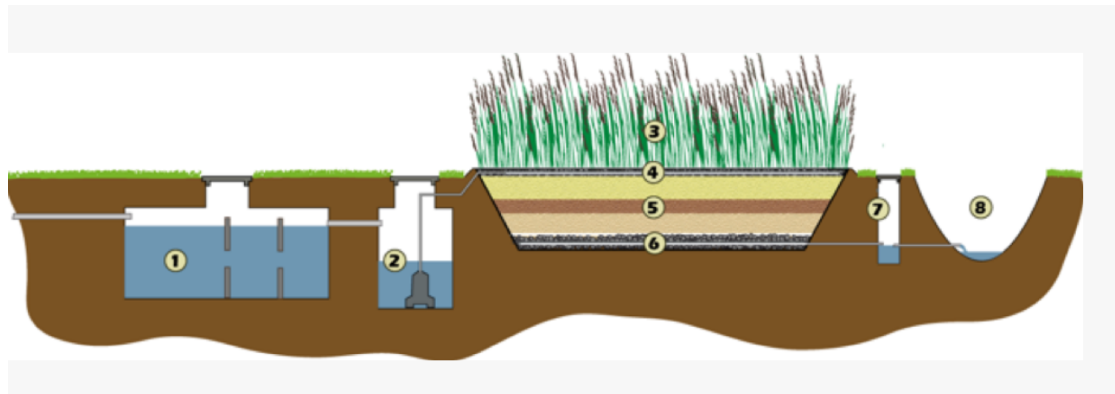
TABEL 2.2 DETAILINFO OVER AANLEG EN ONTWERP VAN DE 11 IN DIT ONDERZOEK BETROKKEN HELOFYTENFILTERSYSTEMEN

Nr	Jaar van aanleg	Inwonereq.	Volume voorbezinktank	Watertoevoer filter	Oppervlak filter	Beluchting filter
1	2000	< 6 i.e.	6 m ³ (2 delen)	pulsgewijs	16 m ²	nee
2	2005	< 6 i.e.	3 m ³ ???	pulsgewijs	15 m ²	nee
3	2021	< 6 i.e.	4 m ³ (=VCT)	pulsgewijs	5 m ² (Phyto-cube)	ja (in wortelzone)
4	2022	< 6 i.e.	4 m ³ (=VCT)	pulsgewijs	18 m ²	nee
5	2020	< 6 i.e.	4 m ³	pulsgewijs	5 m ² (Phyto-cube)	ja (in wortelzone)
6	2017	< 6 i.e.	60 m ³ (mestkelder)	continu	26 m ²	nee
7	2017	< 6 i.e.	6 m ³ (3 delen)	pulsgewijs	30 m ²	nee
8	2005?	< 6 i.e.	6 m ³ (=VCT)	pulsgewijs	25 m ²	nee
9	2016	circa 20 i.e.	12 m ³ + 3 m ³ pompput	pulsgewijs	60 m ²	nee
10	2018	< 6 i.e.	?	pulsgewijs	20 m ²	nee
11	2000	< 6 i.e.	6 m ³ ??	pulsgewijs	150 m ²	nee

Het effluent van IBA-3A systemen moet voldoen aan eisen ten aanzien van:

- geur: het effluent moet nagenoeg reukloos zijn; kleur:
- het effluent moet nagenoeg kleurloos zijn;
- emissie-eisen (op basis van steekmonster) : BZV < 40mgO₂/l, CZV < 200 mgO₂/l, zwevende stof < 60 mg/l, stikstof-totaal < 60mgN/l en ammonium-stikstof 4 mgN/l.

VERTICAAL DOORSTROOMDE HELOFYTENFILTER



1= verbeterde septictank, 2 = pomp, 3 = rietplanten, 4 + 5 = filterbed, 6 = drainagesysteem, 7 = controlevoorziening en 8 = oppervlaktewater

Verticaal doorstroomde filters zijn compartimenten gevuld met filtermateriaal (vaak zand of grind) en beplant met plantensoorten zoals riet of grote lisdodde waar het water verticaal doorheen stroomt. Verticaal doorstroomde helofytenfilters, of infiltratievelden, bestaan vaak uit meerdere compartimenten die om de beurt worden belast. Het bed valt hierdoor intermitterend droog. Hierdoor kan tijdens droge perioden zuurstof in het bed dringen, waardoor organische stoffen aëroob kunnen worden afgebroken en ammonium kan worden genitrificeerd. Het water wordt via infiltratieleidingen batchgewijs in de toplaag (vaak grind) van het filter gebracht. Het water zakt geleidelijk door het filterbed, bestaande uit filtermateriaal (ook wel substraatmateriaal) zoals zand of grind, langs de rietwortels naar de bodem van het helofytenfilter. In de poriën van het filterbed is lucht aanwezig waardoor het naar beneden sijpelende water intensief in contact komt met zuurstof en er biologische afbraak plaatsvindt. Door het batchgewijze bedrijf krijgt het filterbed de kans om zich opnieuw te vullen met lucht zodra het water er doorheen gezakt is. Onderweg wordt door microbiologische en fysische processen in de bodem het water gezuiverd (STOWA 2022-42).

FOTO

VERSCHILLENDE VORMEN VAN HELOFYTENFILTERS



2.2 SAMENSTELLING HUISHOUDELIJK AFVALWATER

Huishoudelijk afvalwater bestaat in principe uit een mix van urine, fecaliën, spoelwater, etensresten, bad-, douche- en afwaswater. In termen van fysische en chemische elementen bevat dit afvalwater naast organische stof en nutriënten ook microverontreinigingen in de vorm van zware metalen, medicijnresten en hormoon verstorende stoffen.

FOTO

EFFLUENTMONSTERS VAN VERSCHILLENDE IBA'S



Samenstelling in mg/l	Ruw	na 1 uur bezinken
pH	6,7 - 7,5	6,7 - 7,5
opgel. Stoffen	500 - 700	500 - 700
onopgel. Stoffen	250 - 300	150 - 250
BZV	200 - 500	125 - 175
CZV	450 - 650	300 - 450
organische-N	15 - 20	okt-15
NH4-N	30 - 45	30 - 45
NO2-N + NO3 -N	0 - 2	0 - 2
fosfor (als P)	7 - 12	5 - 10

Tabel 2.4: Gemiddeld watergebruik
per dag per persoon

	liter per dag
Douchen	60,1
WC	29,4
Wasmachine	17,2
Handen wassen	8,7
Wastafel	8,6
Bad	4,7
Afwas	4,4
Eten en drinke	2,7
Schoonmaken binnen	2,1
Planten binnen water geven	1
totaal	138,9

2.3 ZUIVERINGSPROCESSEN IN IBA'S

Afhankelijk van het type IBA vinden verschillende processen plaats, waarvan elk proces verantwoordelijk is voor een (klein) deel van het verwijderen van verontreinigende stoffen. De processen zijn onder te verdelen in: fysische, biologische en fysisch-chemische processen.

Onderstaande tabel geeft een globaal overzicht van de verschillende zuiveringsprocessen in de drie in dit onderzoek betrokken IBA-systemen. Voor verder begrip wordt verwezen naar onderstaande tekst.

TABEL 2.5 INDICATIE VERWIJDERINGSPROCESSEN (1 = IBA-1, 2 = IBA-3A COMPACT EN 3 = IBA-3A HELOFYTENFILTER)

Stofgroep	Bezinking			Filtratie			Mineralisatie						Nitrificatie			Denitrificatie			Bio-accumulatie			Adsorptie			Precipitatie					
	IBA-type						anaeroob			aeroob																				
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Organisch stof	■	■	■				■	■	■	■	■	■																		
Org-N																														
NH4							■	■	■	■	■	■				■	■	■				■	■	■						
NO3																■	■	■				■	■	■						
Ntot	■	■	■				■	■	■	■	■	■										■	■	■						
Ptot	■	■	■				■	■	■	■	■	■										■	■	■						■
Cl							■	■	■	■	■	■																		
zware metalen	■	■	■				■	■	■	■	■	■										■	■	■						
medicijnresten	■	■	■				■	■	■	■	■	■										■	■	■						

■	Afname concentratie
■	Toename concentratie

2.3.1 FYSISCH PROCESEN

Bezinken (sedimentatie)

In de septictank wordt door bezinking zwevend organisch stof verwijderd. Aan zwevend stof zit een aanzienlijk deel van de totale hoeveelheid stikstof, fosfor, zware metalen en andere micro-verontreinigingen geadsorbeerd. Onderzoek heeft aangetoond dat na ca. 200 uur verblijftijd er geen afname meer is van de bezinkbare deeltjes, daarom is de septictank zo ontworpen dat de verblijftijd ca. 10 dagen is. Met 4 of 5 bewoners loost een huishouden ca. 600 liter per dag, voor een verblijftijd van 10 dagen is dus een volume nodig van 6000 liter of 6m³ (zie ook tabel 2.4).

Filtreren

In een verticaal doorstroomde helofytenfilter wordt het water wordt door een matrix van vaste stof gestuurd. De grotere afvaldeeltjes kunnen niet door de kleine openingen van de matrix en blijven achter, het geheel werkt als een zeef. Met dit mechanisme, filtratie, kan onopgelost materiaal met het daaraan gebonden stoffen, zoals fosfaat worden verwijderd. Het is aannemelijk dat dit (ten dele) een tijdelijke vastlegging is en een deel van het fosfaat door biologische omzettingen (mineralisatie) weer vrijkomt als orthofosfaat.

2.3.2 BIOLOGISCHE PROCESSEN

Mineralisatie (biologische afbraak)

Mineralisatie is het afbraakproces van organische stoffen, waaronder ook organische microverontreinigingen als medicijn(resten), door de natuurlijke activiteit van verschillende micro-organismen. In de natuur bepaalt het type elektron acceptor en de beschikbaarheid daarvan of het microbiële proces plaats zal vinden. Er bestaan twee vormen van mineralisatie: aëroob (met zuurstof als elektron acceptor) en anaëroob (met andere elektron acceptoren, zoals nitraat of sulfaat). Kenmerkend van aërobe afbraak is dat deze sneller verloopt dan anaërobe; vooral bij lage temperatuur duurt de anaërobe afbraak lang. Bij minerali-

satie komen een aantal nutriënten (stikstof, fosfor, kalium, calcium, magnesium, zwavel, sporenelementen), maar ook microverontreinigingen vrij. Aerobe biologische afbraak is een belangrijke verwijderingsproces van organische microverontreinigingen, waaronder medicijn(resten).

Stikstofkringloop

Gelijktijdig met mineralisatie treden ook processen op in de stikstofkringloop. De stikstofkringloop kent ook vele processen, zoals ammonificatie (mineralisatie), nitrificatie en denitrificatie. De stikstof in organisch materiaal wordt door mineralisatie vrijgemaakt, eerst in de vorm van ammonium (ammonificatie). Ammonium kan vervolgens door nitrificerende bacteriën onder aërobe condities in twee stappen worden omgezet in nitraat (nitrificatie). In eerste instantie wordt ammonium (NH_4) omgezet in nitriet (NO_2^-) en vervolgens in nitraat (NO_3^-). Onder anaerobe omstandigheden verdwijnt nitraat door denitrificatie als lachgas (N_2O) en stikstofgas (N_2) uit de bodem.

Gekoppelde nitrificatie-denitrificatie kan resulteren in netto verwijdering van stikstof (N). Dit proces speelt vooral bij verticale helofytenfilters, waarbij het van wezenlijk belang is, dat de bevoeiing met tussenpozen (intermitterend) plaatsvindt. Deze werkwijze zorgt er niet alleen voor dat de bodem doorlatend blijft, maar creëert ook een afwisseling van aerobe, met name rond de wortels van planten, en anaerobe bodemcondities. Veel planten transporteren zuurstof naar hun wortels en oxideren zo de wortelzone. Nitrificatie en denitrificatie volgen elkaar snel op wanneer in de aërobe laag de nitrificatie plaatsvindt en het gevormde nitraat vervolgens in de anaërobe laag wordt gedenitrificeerd.

Opname door planten en micro-organismen

Planten en micro-organismen (bacteriën en schimmels) kunnen naast nutriënten ook sommige microverontreinigingen rechtstreeks verwijderen door opname.

2.3.3 FYSISCH-CHEMISCHE PROCESSEN

Adsorptie aan bodemdeeltjes en plantenwortels

In het verticaal doorstroomd filter van IBA-3A helofytenfiltersystemen vindt adsorptie van verontreinigingen plaats aan kleideeltjes en organische (humus) deeltjes. Deze deeltjes hebben een negatieve lading, waardoor zij positief geladen nutriënten, zoals kalium (K), magnesium (Mg), calcium (Ca), ammonium (NH_4) en natrium (Na), maar ook zware metalen als arseen, cadmium, koper, kwik, lood, en zink en organische microverontreinigingen, waaronder medicijnresten, aantrekken en adsorberen. Ook planten kunnen microverontreinigingen adsorberen aan de wortels. In beginsel is adsorptie aan bodemdeeltjes een eindig proces, dat stopt op het moment dat alle bindingsplaatsen zijn bezet.

Precipitatie (vorming van neerslag)

Naast adsorptie en plantopname is neerslag mogelijk een belangrijk verwijderingsproces van fosfor in IBA-3A helofytenfiltersystemen. De werking van dit mechanisme berust op het vormen van neerslagen fosfaat en opgeloste stoffen en het hechten van fosfaat aan opgelost materiaal in het filterbed. Adsorptie kan plaatsvinden door binding aan metaaloxides. Voor de vorming van metaaloxides is een oxidatief milieu noodzakelijk. Voor de binding van fosfaat kunnen toevoegingen aan het zandbed van verticaal doorstroomde helofytenfilters worden gedaan. Bekend is bijvoorbeeld dat ijzer en aluminium het vermogen hebben om fosfaat te binden. Voor zover bekend vindt deze toepassing niet plaats in helofytensystemen in het beheergebied van Vechtstromen.



3

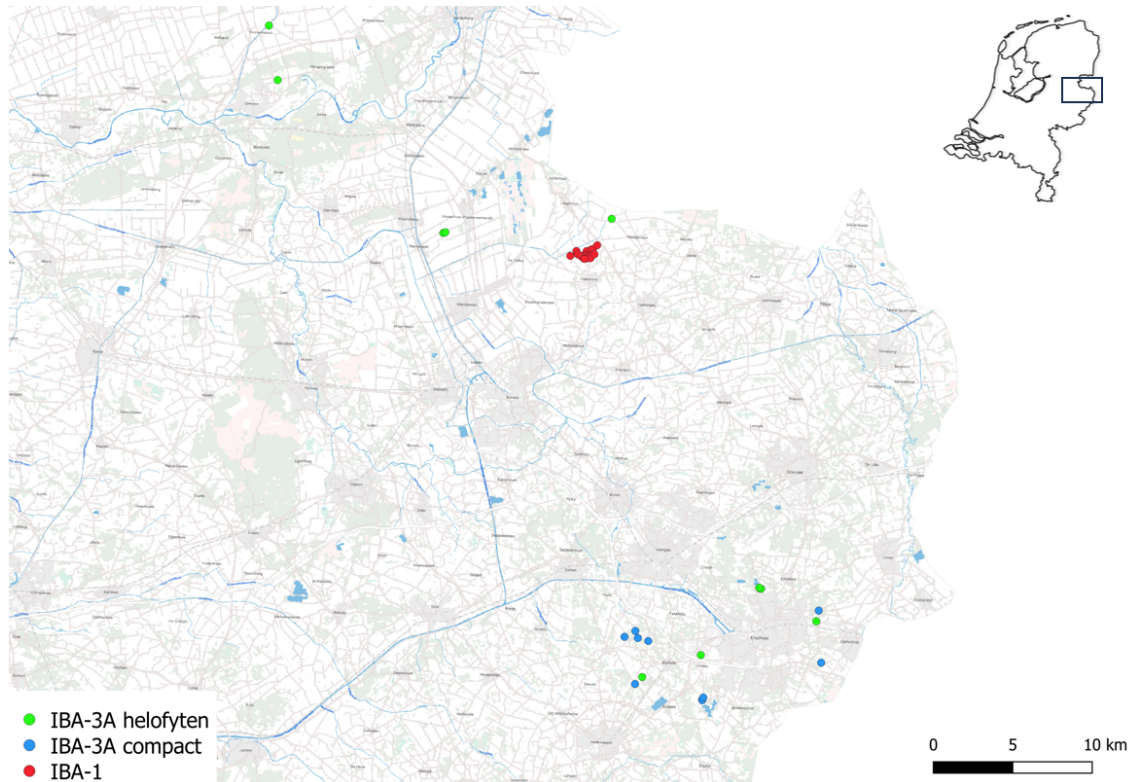
METHODE

3.1 MEETLOCATIES

De IBA-systemen liggen niet in gelijke mate verdeeld over Vechtstromen. De IBA-1 systemen (886 stuks) zijn vooral geconcentreerd in het buitengebied van Tubbergen. De IBA-3A compactsystemen (213 stuks) bevinden zich met name in een schil rondom Enschede (*zie kaartje*). De IBA-3A helofytenfiltersystemen (15 stuks) liggen verspreid over het beheergebied. In totaal zijn voor het monitoringprogramma 36 adressen geselecteerd: 15 IBA-1 systemen, 10 IBA-3A compactsystemen en 11 IBA-3A helofytenfiltersystemen*.

De geselecteerde 15 IBA-1 systemen liggen geconcentreerd in het stroomgebied van het KRW-waterlichaam Geesterse Molenbeek, nabij het KRW-hoofdmeetpunt 06-003.

FIGUUR 3.1 MEETLOCATIES VAN DE VERSCHILLENDE IBA SYSTEMEN



*Separaat zijn nog twee huishoudens geselecteerd die het huishoudelijk water via een mestkelder op het oppervlaktewater lozen. De meetresultaten, zoals alle meetdata, zijn te raadplegen, op www.sanimonitor.nl.

3.2 METINGEN

De drie verschillende typen IBA's zijn op verschillende manieren bemonsterd. Bij IBA type 1 en 3A compact is alleen het effluent bemonsterd. Bij de IBA-3A helofytenfilters is naast het effluent ook het influent bemonsterd. Dit vond plaats in de pompput na de septictank en voor het helofytenfilter. De analyse van de monsters vond zowel plaats in het veld als in het laboratorium. De parameters met bijbehorende methode staan hieronder beschreven (tabel 3.1). Het laboratorium onderzoek is gedaan door Aqualysis. Voor toelichting op de toegepaste analysemethoden worden verwezen naar de website van Aqualysis (www.Aqualysis.nl).

TABEL 3.1 ONDERZOCHE PARAMETERS VOOR ELK MONSTER MET BIJBEHORENDE METHODE. *TOTAAL STIKSTOF IS DE SOMMATIE VAN DE STIKSTOFVERBINDINGEN KJELDAHL-STIKSTOF, NITRIET EN NITRAAT

Veldmeting		Laboratoriumonderzoek					
Parameter	Methode	Parametergroep	Parameter	Methode	Parametergroep	Parameter	Methode
Temperatuur	HAG meter	Organische stoffen	Biochemisch zuurstofverbruik (BZV)	M206	Metalen	Beryllium (Be)	M29
Zuurgraad (pH)	HAG meter		Chemisch zuurstofverbruik (CZV)	M173		Cadmium (Cd)	M29
Electrisch geleidingsvermogen (EGV)	HAG meter		Totaal organisch koolstof (TOC)	M162		Chroom (Cr)	M29
Geur	Reuk		Onopgeloste stoffen	M132		IJzer (Fe)	M29
Kleur	Op het oog		Organisch gebonden stikstof (org-N)	M175		Kobalt (Co)	M29
Helderheid	Op het oog	Stikstof en fosfor	Ammonium (NH ₄ ⁺)	M175	Koper (Cu)	M29	
			Nitriet (NO ₂ ⁻)	M137	Kwik (Hg)	M29	
			Nitraat (NO ₃ ⁻)	M155	Lood (Pb)	M29	
			Kjeldahl-stikstof (N-Kjel)	M175	Mangaan (Mn)	M29	
			Totaal fosfor (P-totaal)	M179	Molybdeen (Mo)	M29	
			Totaal stikstof (N-totaal)	*	Nikkel (Ni)	M29	
			Macro-ionen	Chloride (Cl ⁻)	M38	Strontium (Sr)	M29
		Sulfaat (S)		M29	Telluur (Te)	M29	
		Calcium (Ca ²⁺)		M29	Thallium (Tl)	M29	
		Magnesium (Mg ²⁺)		M29	Tin (Sn)	M29	
		Natrium (Na ⁺)		M29	Vanadium (V)	M29	
		Metalen	Kalium (K ⁺)	M29	Zilver (Ag)	M29	
			Aluminium (Al)	M29	Zink (Zn)	M29	
			Antimoon (Sb)	M29	Geneesmiddelen	Zie tabel 4.30	
			Arseen (As)	M29			
			Barium (Ba)	M29			

De metalen en macro-ionen (uitgezonderd chloride) zijn alleen bemeten bij de IBA typen 3A compact en 3A helofytenfilter. Medicijnresten zijn alleen op locatie 9 van het type IBA-3A helofytenfilter gemeten. Bij alle IBA's is eveneens de situatie van afstroming beschreven.

In totaal zijn er 38 IBA's gemeten waarvan 2 mestkelders, 15 IBA-1, 10 IBA-3A compact-systemen en 11 IBA-3a helofytenfilters. Door omstandigheden in het veld (met name hoog water) was het niet altijd mogelijk om alle IBA's te bemonsteren. Er zijn vier meetrondes geweest over de projectperiode. De eerste meetronde vond plaats in februari en maart 2023. De tweede meetronde vond plaats in mei en juni 2023. De derde meetronde vond plaats in september en oktober 2023. De vierde meetronde vond plaats in januari en februari 2024.

3.3 REGISTRATIE ONDERHOUD IBA-SYSTEMEN

IBA-systemen zijn technische installaties die men moet onderhouden om goed te blijven functioneren. Het onderhoud van een IBA bestaat uit het:

- jaarlijks afzuigen en afvoeren van een deel van het zuiveringsslib;
- jaarlijkse inspecteren en onderhouden van IBA-3A systemen. Met name het beluchtings-systeem en de pompinstallatie moeten optimaal werken;
- jaarlijks maaien van het rietveld bij een helofytenfiltersysteem, bij voorkeur in april.

Tijdens het meetprogramma geconstateerde significante normoverschrijdingen zijn gemeld bij de particuliere eigenaar van de betreffende IBA-systeem. Hetgeen in enkele gevallen geleid heeft tot onderhoud van de installatie.



4

RESULTATEN

4.1 ORGANISCHE STOFFEN

4.1.1 BIOCHEMISCH ZUURSTOFVERBRUIK (BZV)

Het biochemisch zuurstofverbruik (BZV) is de hoeveelheid zuurstof die door bacteriën en andere micro-organismen wordt verbruikt bij de afbraak van organisch materiaal onder aërobe omstandigheden bij een bepaalde temperatuur. Het BZV wordt gebruikt om het kortetermijn-effect van afvalwaterlozingen op het zuurstofgehalte van het ontvangende water te meten.

Emissie-eisen BZV (op basis van steekmonster): IBA-1 < 250 mgO₂/l en IBA-3A < 40 mgO₂/l.

TABEL 4.1 KARAKTERISTIEKEN BZV-CONCENTRATIES EFFLUENT. X = GEMIDDELDE WAARDE, MED. = MEDIANE WAARDE, MAX. = MAXIMUMWAARDE EN MIN. = MINIMUMWAARDE

BZV (mgO ₂ /l)	Effluent IBA-1					Effluent IBA-3A Compact Actief Slib				
	norm	X	med.	max.	min.	norm	X	med.	max.	min.
Periode 1	< 250	159	150	330	28	< 40	168	17	960	3
Periode 2	< 250	188	150	550	12	< 40	14	5	40	2
Periode 3	< 250	146	110	500	18	< 40	151	7	1120	2
Periode 4	< 250	108	105	350	11	< 40	135	26	700	2
BZV (mgO ₂ /l)	Effluent IBA-3A Voorbezinktank Helofytenfilter					Effluent IBA-3A Helofytenfilter				
	norm	X	med.	max.	min.	norm	X	med.	max.	min.
Periode 1	-	165	140	290	28	< 40	4	2	15	1
Periode 2	-	179	130	540	62	< 40	2	2	3	1
Periode 3	-	175	125	500	18	< 40	1	0	9	0
Periode 4	-	146	110	350	15	< 40	2	1	6	0

Uitschieters

IBA-1 (>250 mgO₂/l):

locatie 4 (per.1), locatie 5 (per. 2), locatie 11 (per. 1), locatie 12 (per. 2, 3)

IBA-3A compact (>40 mgO₂/l):

locatie 1, (per. 3, 4), locatie 3 (per. 4), locatie 6 (per. 4), locatie 7 (per. 1), locatie 8 (per. 1), locatie 9 (per. 1, 3)

IBA-3A helofyten (>40 mgO₂/l):

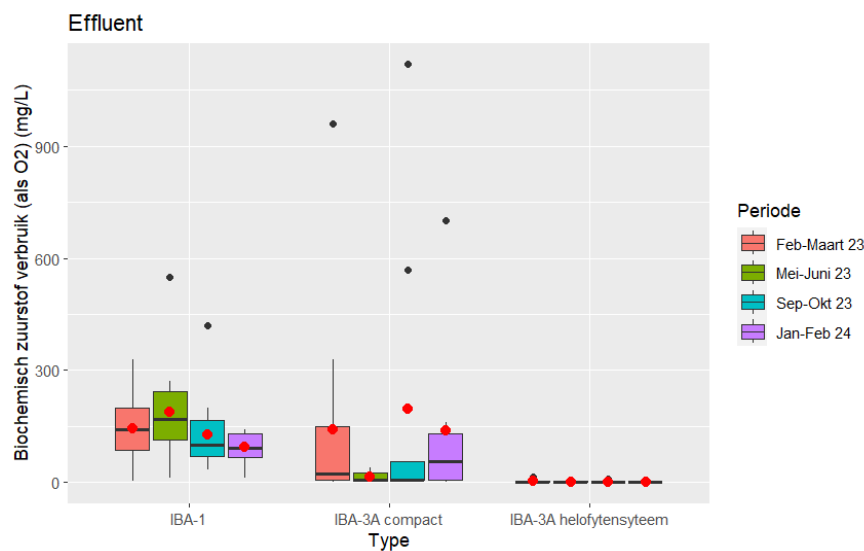
geen

Met uitzondering van de locaties 5 en 12 voldoen op basis van de gemiddelde meetwaarden 13 van de 15 IBA-1A systemen (87%) aan de emissie-eis van $< 250 \text{ mgO}_2/\text{l}$. Wel is de spreiding van de meetdata groot. Het effluent van de beperkt bioactieve IBA-1 systemen is, zeker ten opzichte van het type IBA-3A helofytenstelsel sterk BZV-belast. Dit is conform de verwachting: de klasse van IBA-1 systemen is gericht op fysisch zuivering van zwevend stof en beperkte afbraak van organische stof (BZV).

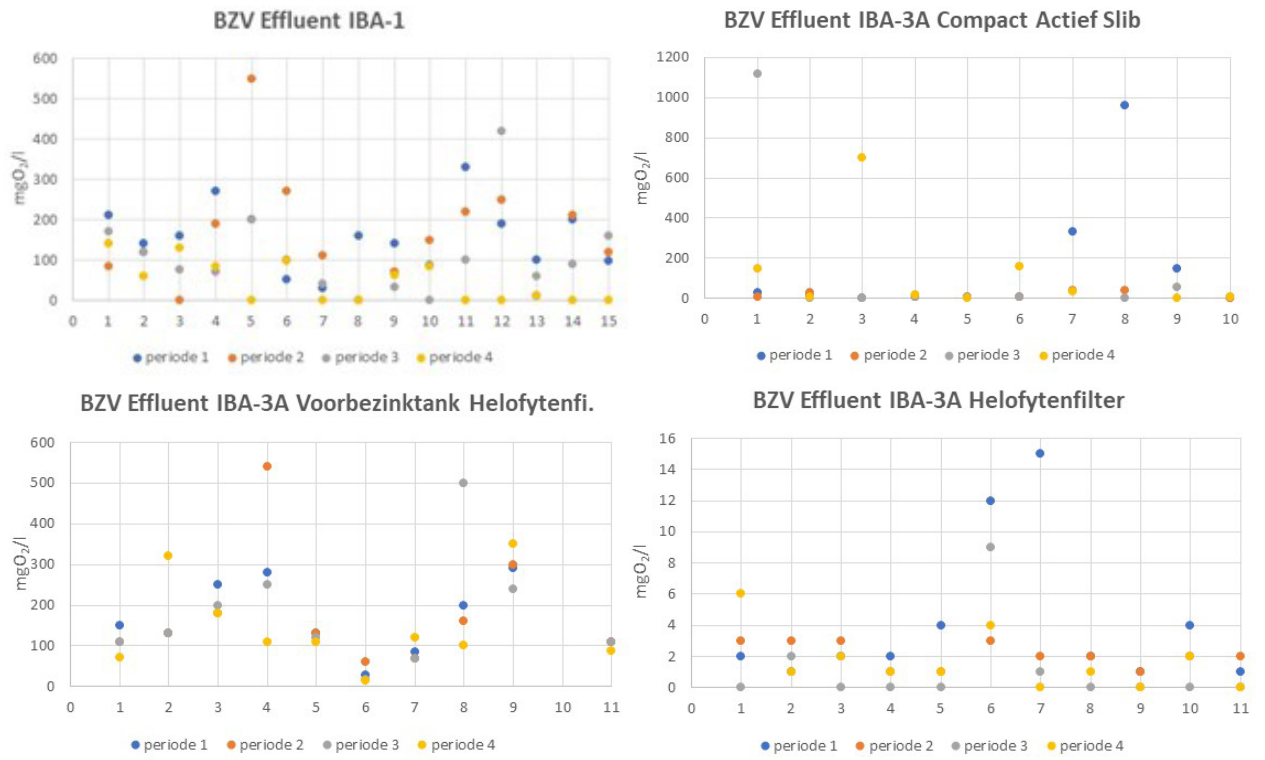
Van de 10 IBA-3A compactsystemen voldoen er 5 (50%) aan de lozingseis van $< 250 \text{ mgO}_2/\text{l}$. Meer dan incidenteel zijn zeer hoge ($> 700 \text{ mgO}_2/\text{l}$) BZV-concentraties gemeten, met name op de locaties 1, 7, 8 en 9, resulterend in hoge gemiddelde gehalten van alle meetdata per meetperiode, die uitgezonderd periode 2 weinig verschillen met de gemiddelde BZV-gehalten in het effluent van de IBA-1 systemen.

Op basis van het gehalte BZV in het afvalwater presteert het type IBA-3A helofytenstelsel het best. Ten opzichte van de IBA-1 systemen en IBA 3A compactsystemen is in het effluent van IBA-3A systemen de gemiddelde BZV-concentratie én de mediane BZV-concentratie laag en het verschil tussen de minimum en maximum gemeten BZV-concentratie beperkt. De BZV-concentraties in het influent van het helofytenfilter, de resultante van de waterkwaliteitsprocessen in de voorbezinktank, zijn vergelijkbaar met de gehalten in het afvalwater van de IBA-1 systemen.

FIGUUR 4.1 BOXPLOTS GEHALTEN BZV IN HET EFFLUENT VAN DE DRIE IBA-TYPES OVER DE VIER MEETPERIODES



FIGUUR 4.2 KARAKTERISTIEKEN BZV-CONCENTRATIES. X = GEMIDDELDE WAARDE, MED. = MEDIANE WAARDE, MAX. = MAXIMUMWAARDE EN MIN. = MINIMUMWAARDE



4.1.2 CHEMISCH ZUURSTOFVERBRUIK (CZV)

Net als BZV, kan chemisch zuurstofverbruik (CZV) worden gebruikt om de hoeveelheid organische belasting in een watermonster te schatten. CZV beschrijft de hoeveelheid zuurstof die nodig is om de verontreinigende stoffen chemisch af te breken, terwijl BZV de hoeveelheid zuurstof aangeeft die nodig is om de verontreinigende stoffen biologisch af te breken met micro-organismen.

Emissie-eisen CZV (op basis van steekmonster): IBA-1 < 750 mgO₂/l en IBA-3A < 200 mgO₂/l.

TABEL 4.2 KARAKTERISTIEKEN CZV-CONCENTRATIES EFFLUENT. X = GEMIDDELDE WAARDE, MED. = MEDIATE WAARDE, MAX. = MAXIMUMWAARDE EN MIN. = MINIMUMWAARDE

)₂/l)	Effluent IBA-1					Effluent IBA-3A Compact Actief Slib				
	norm	X	med.	max.	min.	norm	X	med.	max.	min.
Periode 1	< 750	394	440	810	110	< 200	938	99	6050	42
Periode 2	< 750	372	390	372	72	< 200	143	94	440	36
Periode 3	< 750	294	280	294	110	< 200	1785	120	12300	58
Periode 4	< 750	226	200	226	110	< 200	578	220	3020	46
)₂/l)	Effluent IBA-3A Voorbezinktank Helofytenfilter					Effluent IBA-3A Helofytenfilter				
	norm	X	med.	max.	min.	norm	X	med.	max.	min.
Periode 1	-	374	360	530	130	< 200	40	33	72	24
Periode 2	-	408	370	910	220	< 200	33	33	65	10
Periode 3	-	376	315	840	110	< 200	35	32	83	12
Periode 4	-	312	260	640	57	< 200	42	38	84	19

Uitschieters

IBA-1 (>750 mgO₂/l): locatie 4 (per. 1), locatie 12 (per. 3)

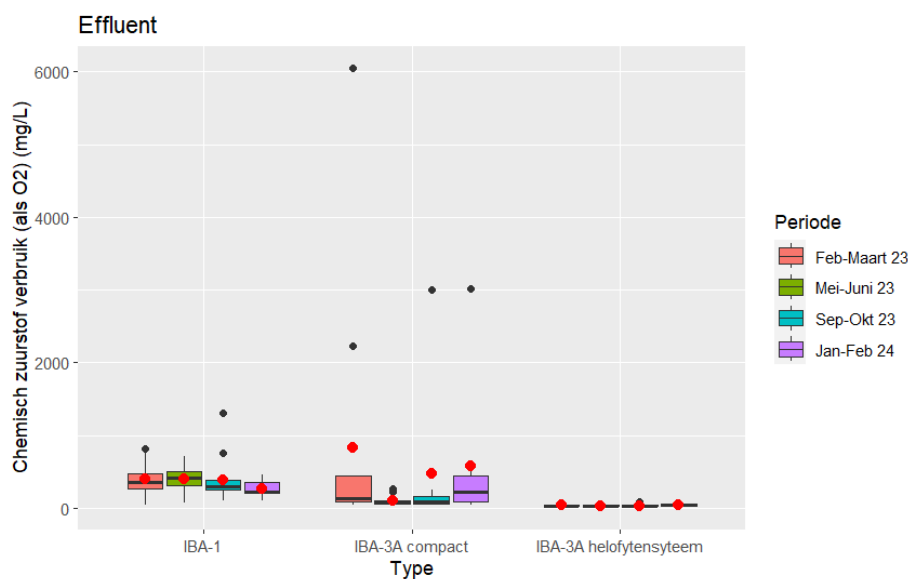
IBA-3A compact (>200 mgO₂/l): locatie 1 (per. 3, 4), locatie 3 (per. 4), locatie 6 (per. 4) locatie 7 (per. 1, 4), locatie 8 (per. 1,2,3), locatie 9 (peri. 1,2,3)

IBA-3A helofyten (> 200 mgO₂/l): geen

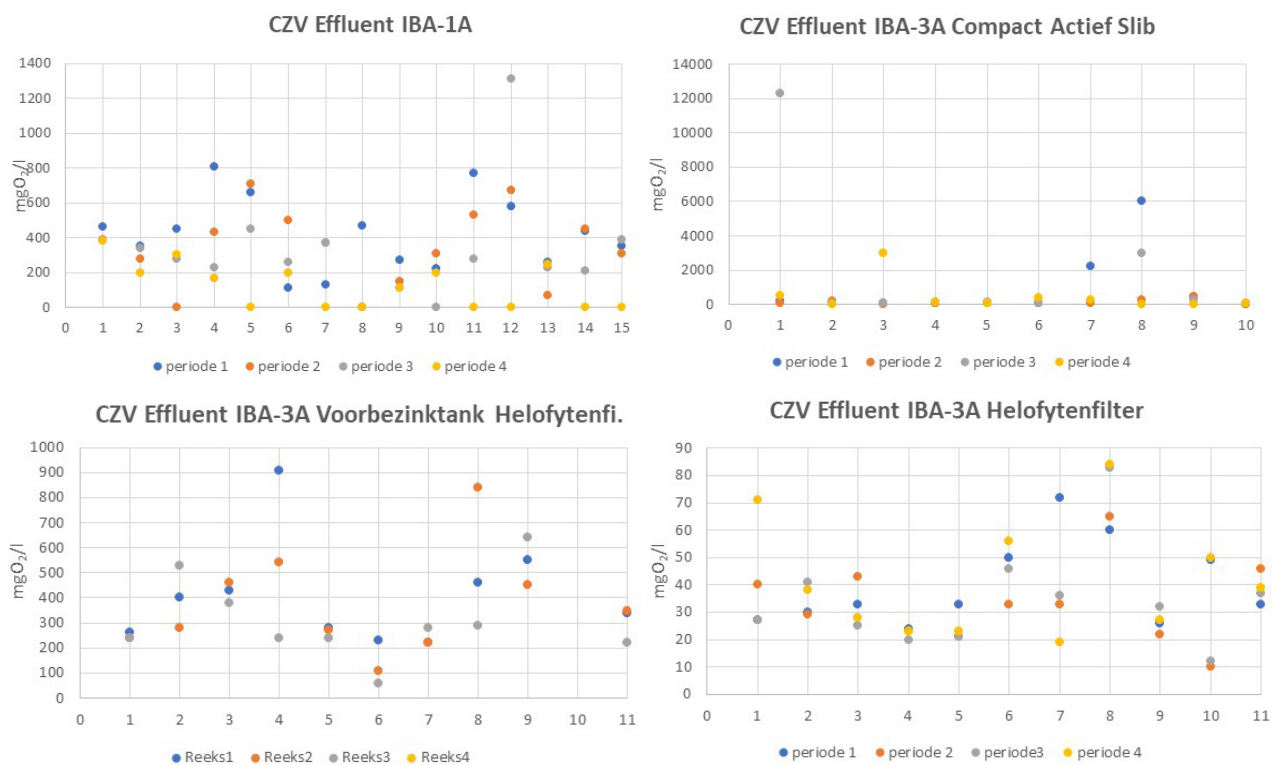
Van de IBA-1A systemen voldoen er 14 van de 15 (93%) aan de lozingseis van < 750 mgO₂/l. Van de 10 IBA-3A compactsystemen voldoen er 5 (50%) aan de emissie-eis van < 200 mgO₂/l. Alle IBA-3A helofytenfiltersystemen voldoen ruim aan de lozingseis van < 200 mgO₂/l

Het in de vorige paragraaf geschetste patroon voor BZV in het afvalwater van de drie IBA-typen is vergelijkbaar voor de CZV-concentraties: ten opzichte van de norm zeer lage gehalten CZV in het effluent van het type IBA-3A helofytenfilter, een grotere spreiding in CZV-concentraties met extreme uitschieters in het afvalwater van het type IBA-3A compact-systeem, waarbij twee locaties (8 en 9) bij alle metingen niet voldoen aan de eis en tenslotte hoge concentraties, die veelal voldoen aan de veel ruimere norm, in het effluent van het type IBA-1 systeem.

FIGUUR 4.3 BOXPLOTS GEHALTEN CZV IN HET EFFLUENT VAN DE DRIE IBA-TYPE OVER DE VIER MEETPERIODES. OUTLIER VOOR IBA-3 COMPACT IN PERIODE 1 MET WAARDE 12300 MG/L IS VERWIJDERD UIT DE GRAFIEK



FIGUUR 4.4 KARAKTERISTIEKEN CZV-CONCENTRATIES. X = GEMIDDELDE WAARDE, MED. = MEDIATE WAARDE, MAX. = MAXIMUMWAARDE EN MIN. = MINIMUMWAARDE



4.1.3 ONOPGELOSTE STOFFEN (ZWEVEND STOF)

Huishoudelijk afvalwater bevat naast organisch materiaal en nutriënten zoals ammonium en fosfaat ook zwevende stoffen. Aan zwevend stof kunnen verschillende schadelijke stoffen zijn geadsorbeerd, waaronder microverontreinigingen. Een belangrijke functie van een IBA is verwijdering van zwevende stoffen.

Emissie-eisen onopgeloste stoffen (op basis van steekmonster): IBA-1 < 70 mg/l en IBA-3A < 60 mg/l.

TABEL 4.3 KARAKTERISTIEKEN ZWEVEND STOFCONCENTRATIES EFFLUENT. X = GEMIDDELTE WAARDE, MED. = MEDIANE WAARDE, MAX. = MAXIMUMWAARDE EN MIN. = MINIMUMWAARDE

Zwevend stof (mg/l)	Effluent IBA-1					Effluent IBA-3A Compact Actief Slib				
	norm	X	med.	max.	min.	norm	X	med.	max.	min.
Periode 1	< 70	109	78	420	25	< 60	706	63	4400	0,3
Periode 2	< 70	106	63	520	23	< 60	61	41	150	9,1
Periode 3	< 70	115	56	880	28	< 60	899	48	6800	18
Periode 4	< 70	49	37	120	15	< 60	251	95	1300	9,7
Zwevend stof (mg/l)	Effluent IBA-3A Voorbezinktank Helofytenfilter					Effluent IBA-3A Helofytenfilter				
	norm	X	med.	max.	min.	norm	X	med.	max.	min.
Periode 1	-	66	59	130	16	< 60	13	4	76	0
Periode 2	-	81	83	120	35	< 60	10	8,5	31	0
Periode 3	-	107	72	400	6	< 60	4	0	15	0
Periode 4	-	108	76	220	19	< 60	4	5,3	28	0

Uitschieters

IBA-1 (<70 mg/l): locatie 1 (per. 1, 2, 4), locatie 2 (per. 3), locatie 3 (per. 1), 4 (per. 1, 2), locatie 5 (per. 1, 2), locatie 6 (per. 2), locatie 8 (per. 1), locatie 11 (per. 1, 2), locatie 12 (per. 1, 2, 3), locatie 13 (per. 4), locatie 14 (per. 1), locatie 15 (per. 1)

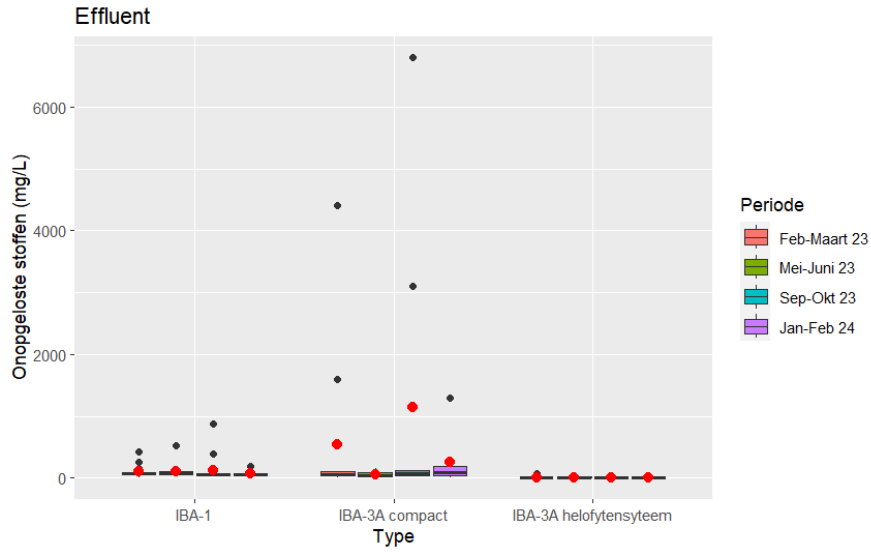
IBA-3A compact (<60 mg/l): locatie 1 (per. 1, 3, 4), locatie 2 (per. 2), locatie 3 (per. 4), locatie 5 (per. 1, 2, 3), locatie 6 (per. 4), locatie 7 (per. 1, 4), locatie 8 (per. 1, 2), locatie 9 (per. 1, 2, 3)

IBA-3A helofyten (<60 mg/l): locatie 7 (per. 1)

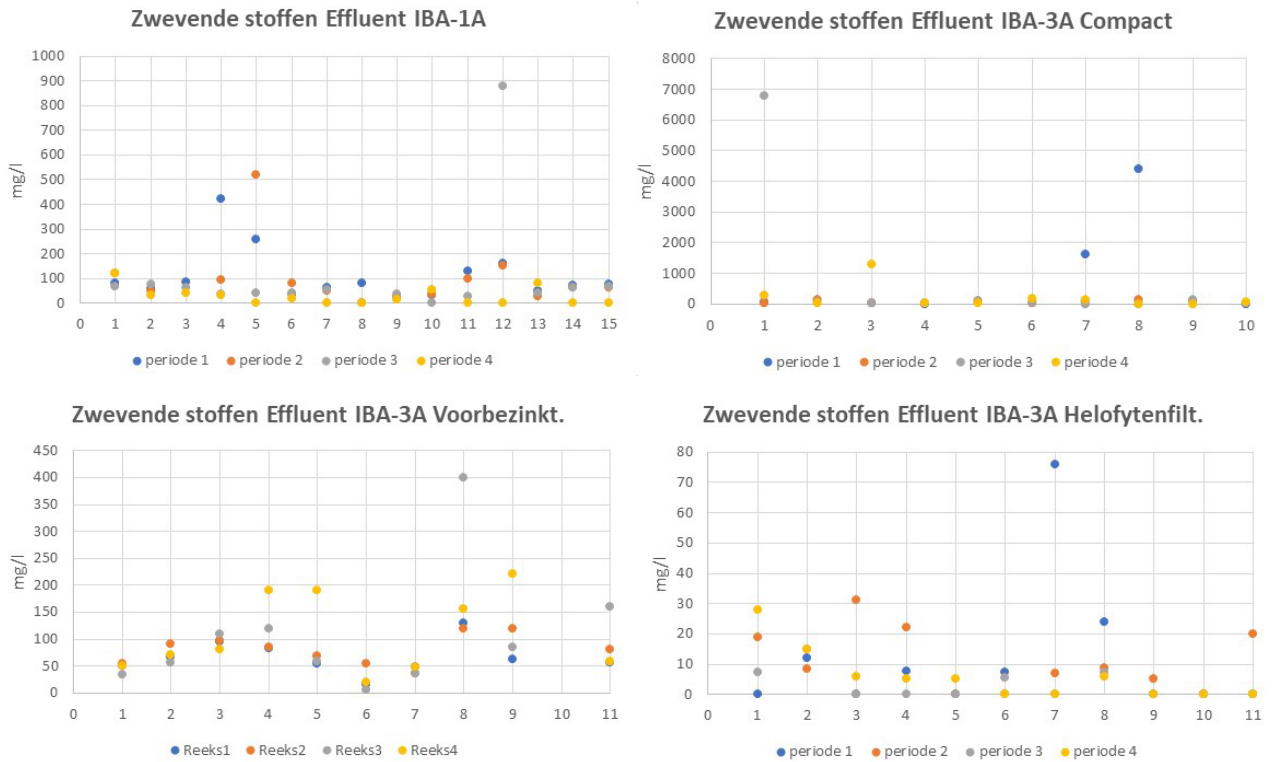
Van de IBA-1A systemen voldoen 8 van de 15 (53%) aan de lozingseis van < 70 mg/l. Van de 10 IBA-3A compactsystemen voldoen 2 (20%) aan de emissie-eis van < 60 mg/l. Alle IBA-3A helofytenfilter-systemen voldoen ruim aan de lozingseis van < 60 mg/l.

Voor wat betreft de emissie van zwevend stof presteert het type IBA-3A helofytenfilter, met ten opzichte van de lozingseis lage tot zeer lage effluentconcentraties, het best. Slechts zeer incidenteel (1x) is de lozingseis van < 60 mg/l overschreden. Het type IBA-3A compactstelsysteem presteert in dit opzicht, met meer dan incidenteel zeer hoge normoverschrijdende gehalten zwevend stof in het afvalwater, teleurstellend. In de perioden 1, 2, 3 en 4 voldoen respectievelijk 44%, 40%, 25% en 50% van de IBA-3A compactsystemen niet aan de lozingseis van < 60 mg/l. Ook de IBA-1 systemen hebben moeite om aan de norm voor zwevend stof te voldoen. In de perioden 1, 2, 3 en 4 voldoen respectievelijk 60%, 40%, 13% en 7% van de gemonitorde IBA-1 systemen niet aan de lozingseis van < 70 mg/l. De gehalten aan zwevend stof in het effluent van de voorbezinktanks van de helofytenfiltersystemen zijn vergelijkbaar met de gehalten in het afvalwater van de IBA-1 systemen.

FIGUUR 4.5 BOXPLOTS GEHALTEN ZWEVEND STOF IN HET EFFLUENT VAN DE DRIE IBA-TYPE OVER DE VIER MEETPERIODES



FIGUUR 4.6 KARAKTERISTIEKEN ZWEVEND STOFCONCENTRATIES. X = GEMIDDELDE WAARDE, MED. = MEDIANE WAARDE, MAX. = MAXIMUMWAARDE EN MIN. = MINIMUMWAARDE



4.1.4 ORGANISCH GEBONDEN STIKSTOF

Naast nitraat (NO_3^-), nitriet (NO_2^-) en ammonium (NH_4^+) bevat afvalwater veelal ook organisch gebonden stikstof (org-N).

Emissie-eisen organisch gebonden stikstof: Geen

TABEL 4.4 KARAKTERISTIEKEN ORGANISCH GEBONDEN STIKSTOFCONCENTRATIES EFFLUENT. X = GEMIDDELDE WAARDE, MED. = MEDIANE WAARDE, MAX. = MAXIMUMWAARDE EN MIN. = MINIMUMWAARDE

org-N (mgN/l)	Effluent IBA-1					Effluent IBA-3A Compact Actief Slib				
	norm	X	med.	max.	min.	norm	X	med.	max.	min.
Periode 1	-	15,9	9	115	2,6	-	56,8	6	357,3	1,9
Periode 2	-	42,7	7	236	0,3	-	5,7	3,7	15	2,5
Periode 3	-	9,2	9	32	1	-	102	4,9	692,2	2,7
Periode 4	-	5,9	6	17,6	0	-	25,8	4,7	160,7	1,0
org-N (mgN/l)	Effluent IBA-3A Voorbezinktank Helofytenfilter					Effluent IBA-3A Helofytenfilter				
	norm	X	med.	max.	min.	norm	X	med.	max.	min.
Periode 1	-	6,4	6,8	12,8	0	-	1,3	1,1	4,6	0
Periode 2	-	5,5	4,6	11,4	0	-	1	1,1	2,2	0
Periode 3	-	8,6	7,5	19	2,2	-	1,1	1,1	2,6	0
Periode 4	-	7,9	6,6	13,6	3,5	-	1,5	1,3	2,7	0

Uitschieters

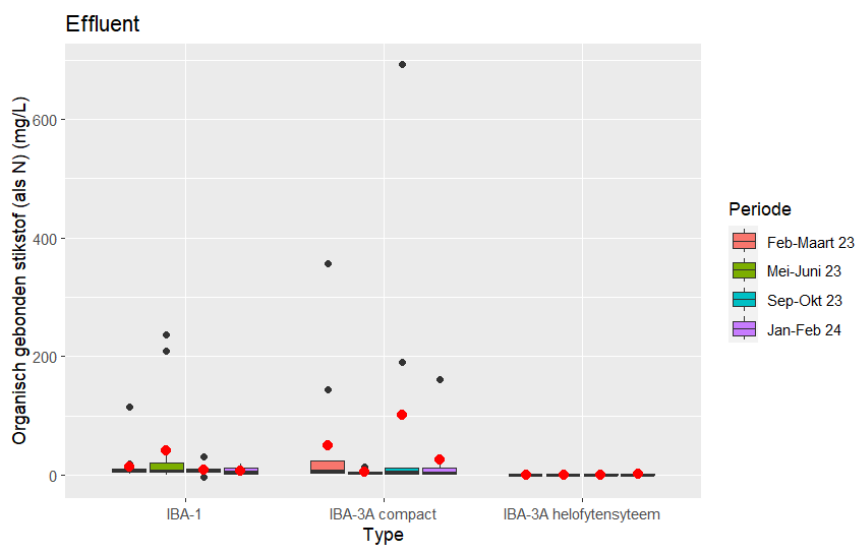
IBA-1 (>50 mg/l): locatie 4 (per. 1), locatie 5 (per. 2), locatie 7 (per. 2)

IBA-3A compact (>50 mg/l): locatie 1 (per. 3), locatie 3 (per. 4), locatie 7 (per. 1), locatie 8 (per. 1, 3)

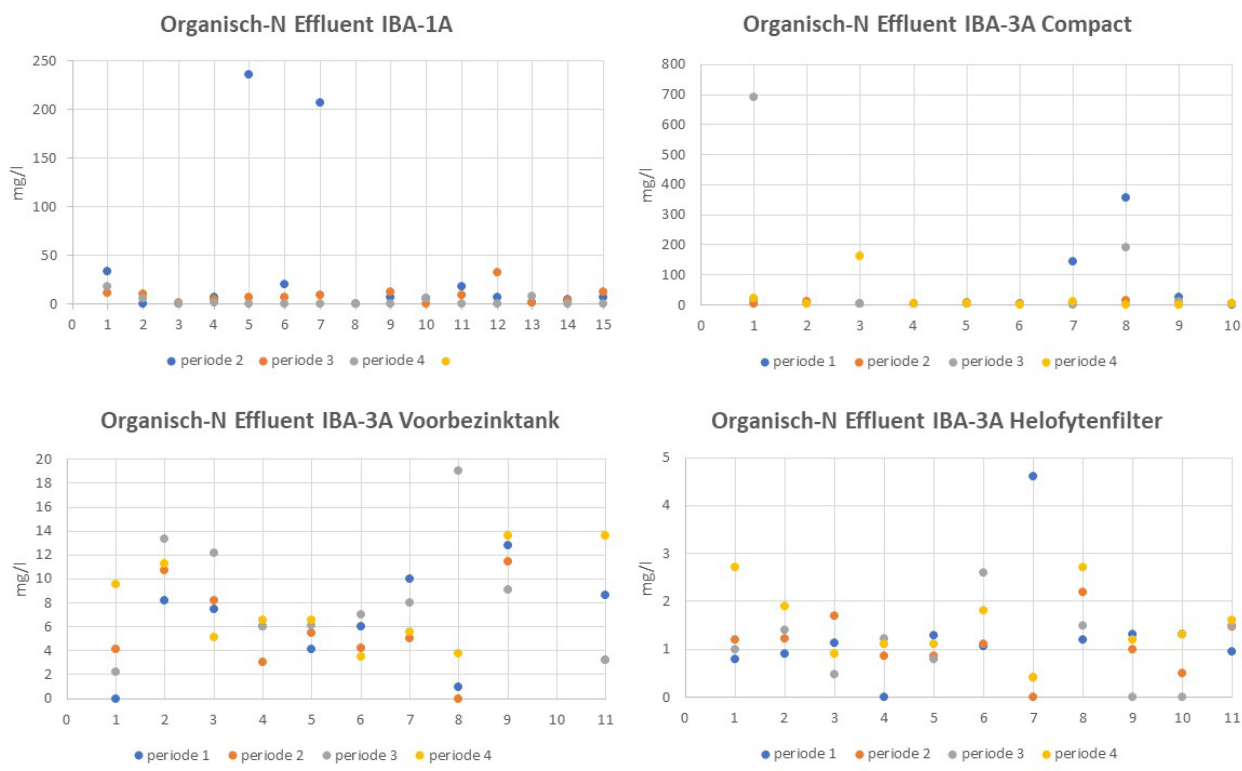
IBA-3A helofyten (>5 mg/l): geen

Voor wat betreft de emissie van organisch gebonden stikstof presteert het type IBA-3A helofytenfilter ten opzichte van de IBA-1 systemen en IBA-3A compactsystemen veruit het best. Opvallend zijn de hoge uitschieters in het afvalwater van met name IBA-3A compactsystemen, die veelal samenvallen met hoge zwevend stofgehalten. Op basis van de mediane concentraties organisch gebonden stikstof in het effluent presteren de IBA-3A compactsystemen wel beter dan de IBA-1 systemen.

FIGUUR 4.7 BOXPLOTS ORGANISCH GEBONDEN STIKSTOFGEHALTEN IN HET EFFLUENT VAN DRIE IBA-TYPES OVER DE VIER MEETPERIODES



FIGUUR 4.8 KARAKTERISTIEKEN ORGANISCH GEBONDEN STOFCONCENTRATIES. X = GEMIDDELDE WAARDE, MED. = MEDIANE WAARDE, MAX. = MAXIMUMWAARDE EN MIN. = MINIMUMWAARDE



4.1.5 ZUIVERINGSRENDEMENT ORGANISCHE STOFFEN HELOFYTENFILTERSYSTEMEN

Doordat zowel influent- als effluentdata van de IBA-3A helofytenfiltersystemen is verzameld, kan op basis van het verschil het zuiveringsrendement worden berekend. Daarbij opgemerkt dat het influent het afvalwater betreft uit de voorbezinktank. Op basis van alle meetdata is het gemiddelde zuiveringsrendement voor BZV 95,7%, voor CZV 87,2%, voor zwevend stof 85,7% en voor organisch gebonden stikstof 80,6%.

TABEL 4.5 OVERZICHT ZUIVERINGSRENDEMENTEN ORGANISCHE STOFFEN IBA-3A HELOFYTENSISTEEMEN

Locatie	BZV (mgO ₂ /l)			CZV (mgO ₂ /l)			Zwevend stof (mg/l)			org-N (mg/l)		
	Influent	Effluent	%	Influent	Effluent	%	Influent	Effluent	%	Influent	Effluent	%
1	110	3	97,3	260	41	84,2	48	14	70,8	4	1	75
2	178	2	99,4	408	35	91,4	71	13	81,7	11	1	90,9
3	203	2	99	445	32	93	96	9	90,6	8	1	87,5
4	295	1	99,6	555	23	95,6	119	9	92,4	5	1	80
5	123	2	91,7	265	25	90,6	93	3	96,8	6	1	83,3
6	31	7	77,4	132	46	65,2	24	3	87,5	5	2	60
7	85	5	94,1	245	40	83,7	42	21	50	7	1	85,7
8	240	1	99,6	523	73	86	202	11	94,6	6	2	66,6
9	295	1	99,7	540	27	95	122	2	98,4	12	1	91,7
10												
11	104	1	99	303	39	87,1	89	5	94,4	7	1	85,7
zuiveringsrendement			95,7%	87,2%			85,7%			80,6%		

4.2 STIKSTOF- EN FOSFORVERBINDINGEN

4.2.1 AMMONIUM

Ammonium is een stikstofverbinding. Door het proces van mineralisatie worden organische stikstofverbindingen zoals DNA, eiwitten of ureum, omgezet in minerale (anorganische) ammoniak, dat reageert met water tot ammonium. Op haar beurt kan ammonium in het proces van nitrificatie worden omgezet in nitriet en vervolgens in nitraat. Mineralisatie kan zowel onder aerobe als anaerobe condities plaatsvinden. Nitrificatie is een aerob proces. Naast de aanwezigheid van voldoende zuurstof is de omgevingstemperatuur van belang. De temperatuur dient binnen de range van 10 tot 40°C te liggen, met een optimum rond 30°C. Nitrificatie verloopt moeizamer bij lage temperaturen.

Emissie-eis ammonium (op basis van steekmonster): IBA-3A ≤ 4 mgN/l

TABEL 4.6 KARAKTERISTIEKEN AMMONIUMCONCENTRATIES EFFLUENT. X = GEMIDDELDE WAARDE, MED. = MEDIANE WAARDE, MAX. = MAXIMUMWAARDE EN MIN. = MINIMUMWAARDE

NH ₄ (mgN/l)	Effluent IBA-1					Effluent IBA-3A Compact Actief Slib				
	norm	X	med.	max.	min.	norm	X	med.	max.	min.
Periode 1	-	85,9	84,7	283	7,3	4	33,7	20	98,7	0,1
Periode 2	-	97,3	89,8	377	19,7	4	7,4	0,1	52,1	0
Periode 3	-	112,2	106	337	14,5	4	28,5	2,6	98,8	0
Periode 4	-	40,2	32	80,6	8,3	4	45,5	26,6	153	0
NH ₄ (mgN/l)	Effluent IBA-3A Voorbezinktank Helofytenfilter					Effluent IBA-3A Helofytenfilter				
	norm	X	med.	max.	min.	norm	X	med.	max.	min.
Periode 1	-	98,6	90,3	148	57,9	4	9,3	2,0	63,9	0,1
Periode 2	-	91,4	75,9	161	42,3	4	1,1	0,5	66,6	0,1
Periode 3	-	97	85	162	50,9	4	5	0,67	31,4	0
Periode 4	-	53,1	53,1	90,8	4,8	4	3,2	2,5	7,8	0

Uitschieters

IBA-1 (>150 mg/l): locatie 4 per. (1, 2, 3), locatie 5 (per. 1, 2), locatie 7 (per. 2, 3), locatie 11 (per. 1, 2), locatie 12 (per. 2, 3)

IBA-3A compact (>4 mg/l): locatie 1 (per. 1, 3, 4), locatie 2 (per. 1), locatie 3 (per. 4), locatie 4 (per. 1, 2, 3, 4), locatie 6 (per. 1, 4), locatie 7 (per. 4), 8 (per. 1, 2, 3), locatie 9 (per. 1, 3)

IBA-3A helofyten (>4 mg/l): locatie 1 (per. 1), locatie 2 (pr. 4), 4 (per. 1), locatie 6 (per. 3, 4), locatie 7 (per. 1, 2, 3, 4), locatie 8 (per. 1, 4), locatie 9 per. 1).

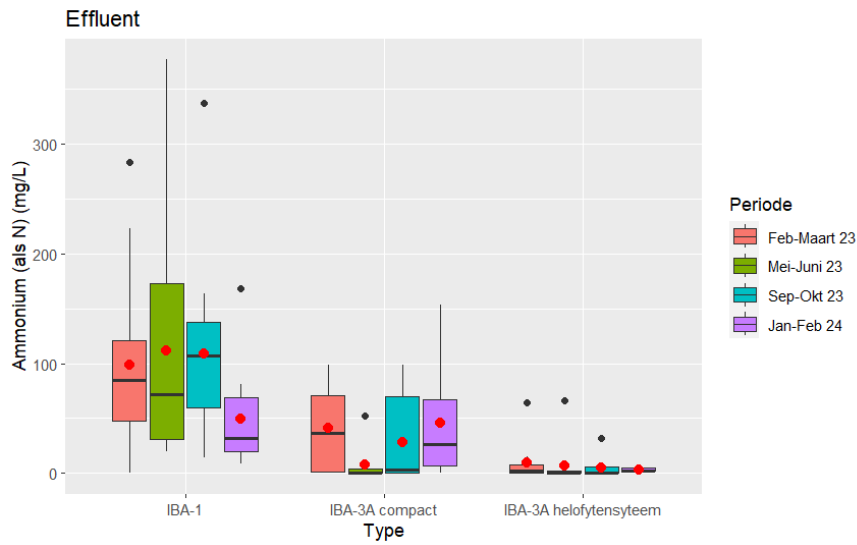
Van de 10 IBA-3A compactsystemen voldoen er 2 (20%) aan de emissie-eis van ≤ 4 mg/l. Van de 11 IBA-3A helofytenfiltersystemen voldoen er 7 (64%) aan de lozingseis van ≤ 4 mg/l. Voor IBA-1 systemen geldt geen emissie-eis voor de uitstoot van ammonium.

Doordat in IBA-1 systemen geen actieve beluchting plaatsvindt, is het proces van nitrificatie, waarbij ammonium via nitriet wordt omgezet in nitraat, van geringe betekenis. Dit resulteert in hoge ammoniumconcentraties in het effluent. Desalniettemin is de spreiding in effluentwaarden groot.

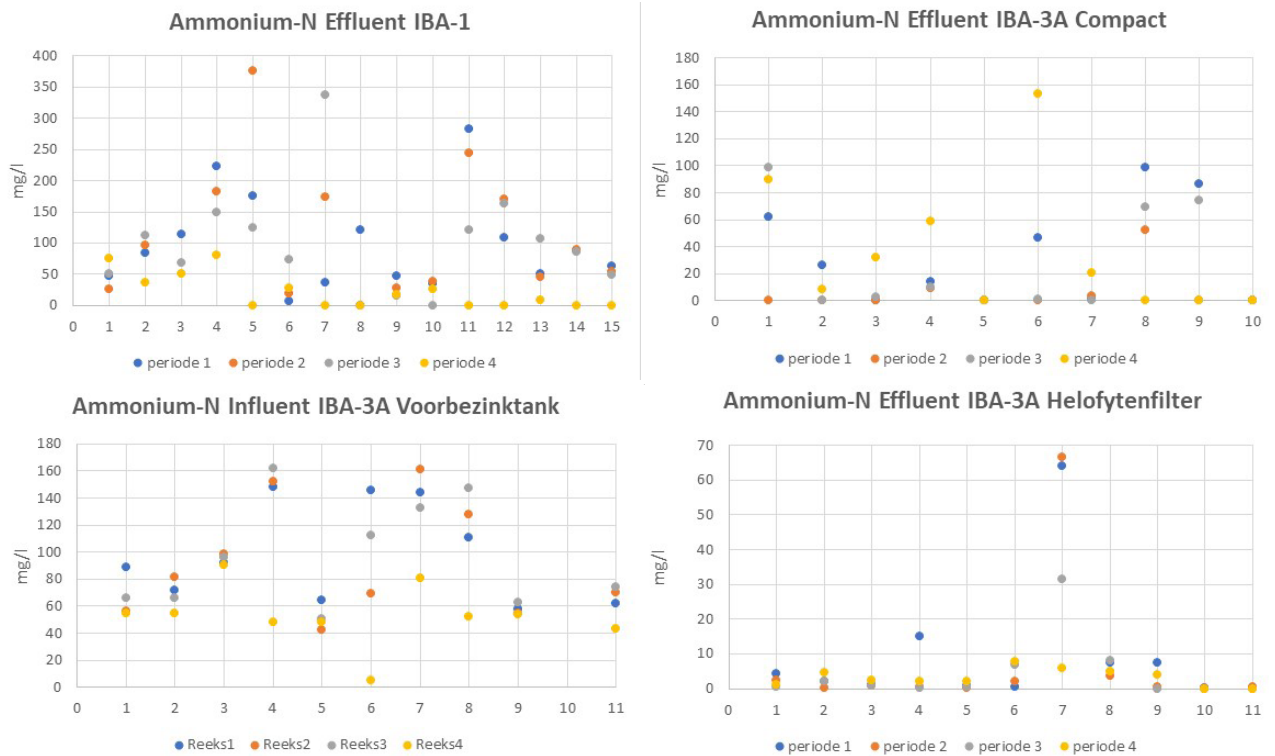
De IBA-3A compactsystemen worden – bij goed functioneren – actief belucht. Tegen deze achtergrond zijn de gemeten ammonium-emissies teleurstellend hoog. In de vier meetperiodes voldoen achtereenvolgens 60%, 22%, 44% en 75% van de metingen niet aan de lozingseis van ≤ 4 mgN/l.

Hoewel ten opzichte van de IBA-3A compactsystemen de IBA-3A helofytenfiltersystemen voor wat betreft de uitstoot van ammonium veel beter presteren, voldoen 4 van de 11 locaties, waarvan 3 nipt, niet aan de lozingseis van ≤ 4 mgN/l. In de vier meetperiodes voldoen achtereenvolgens 45%, 9%, 20% en 36% van de metingen niet aan de lozingseis van ≤ 4 mgN/l. Hoewel geen van de metingen in het effluent van locatie 7 voldoen aan de lozingsnorm voor ammonium, is na revisie van deze filter kort na de 1^e meetronde, de ammonium-emissie in de loop van de meetperiode aanzienlijk gedaald.

FIGUUR 4.9 BOXPLOTS AMMONIUMGEHALTEN IN HET EFFLUENT VAN DE DRIE IBA-TYPES OVER DE VIER MEETPERIODES



FIGUUR 4.10 KARAKTERISTIEKEN AMMONIUMCONCENTRATIES. X = GEMIDDELDE WAARDE, MED. = MEDIANE WAARDE, MAX. = MAXIMUMWAARDE EN MIN. = MINIMUMWAARDE



4.2.2 NITRIET

De oxidatie van ammonium tot nitraat gebeurt in twee stappen door autotrofe bacteriën uit verschillende geslachten. De eerste stap naar nitriet gebeurt onder andere door bacteriën uit de geslachten Nitrosomonas en Nitrosospira. De tweede oxidatieve stap, naar nitraat, gebeurt hoofdzakelijk door bacteriën uit de geslachten Nitrospira en Nitrobacter. Oppervlaktewater kan in de wintermaanden soms relatief hoge nitrietconcentraties bevatten (0,5 tot 0,8 mg/l) omdat de omzetting van nitraat naar ammonium niet volledig is.

Emissie-eisen nitriet: Geen

TABEL 4.7 KARAKTERISTIEKEN NITRIETCONCENTRATIES EFFLUENT. X = GEMIDDELDE WAARDE, MED. = MEDIANE WAARDE, MAX. = MAXIMUMWAARDE EN MIN. = MINIMUMWAARDE

NO ₂ (mgN/l)	Effluent IBA-1					Effluent IBA-3A Compact Actief slib				
	norm	X	med.	max.	min.	norm	X	med.	max.	min.
Periode 1	-	0,06	0	0,66	0	-	0,6	0,20	1,8	0
Periode 2	-	0,04	0	0,33	0	-	3,8	0,06	32	0
Periode 3	-	0,11	0,03	0,8	0	-	0,1	0,04	0,47	0
Periode 4	-	0,02	0	0,08	0	-	2,1	0,07	12	0
NO ₂ (mgN/l)	Effluent IBA-3A Voorbezinktank Helofytenfilter					Effluent IBA-3A Helofytenfilter				
	norm	X	med.	max.	min.	norm	X	med.	max.	min.
Periode 1	-	0,91	0	0,85	0	-	0,38	0,06	2,9	0
Periode 2	-	0,03	0	0,13	0	-	0,04	0,03	0,18	0
Periode 3	-	0,03	0,02	0,13	0	-	0,06	0,01	0,45	0
Periode 4	-	0,11	0	0,1	0	-	0,09	0,02	0,47	0

Uitschieters

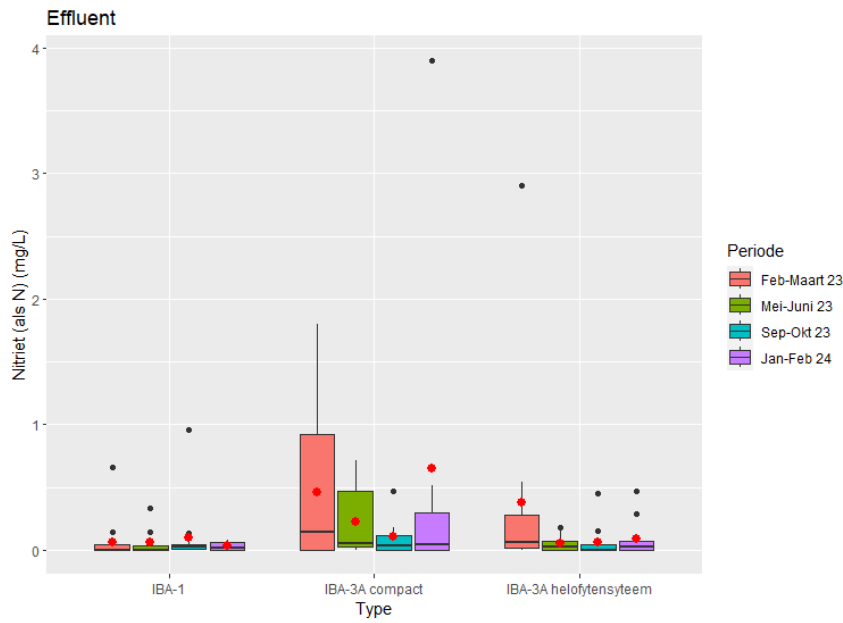
IBA-1 (>0,2 mg/l): locatie 2 (per. 3), locatie 7 (per. 1)

IBA-3A compact (>0,2 mg/l): locatie 1 (per. 1), locatie 2 (per. 1, 2, 4), locatie 4 (per. 4), locatie 7 (per. 1, 2, 4), locatie 8 (per. 1)

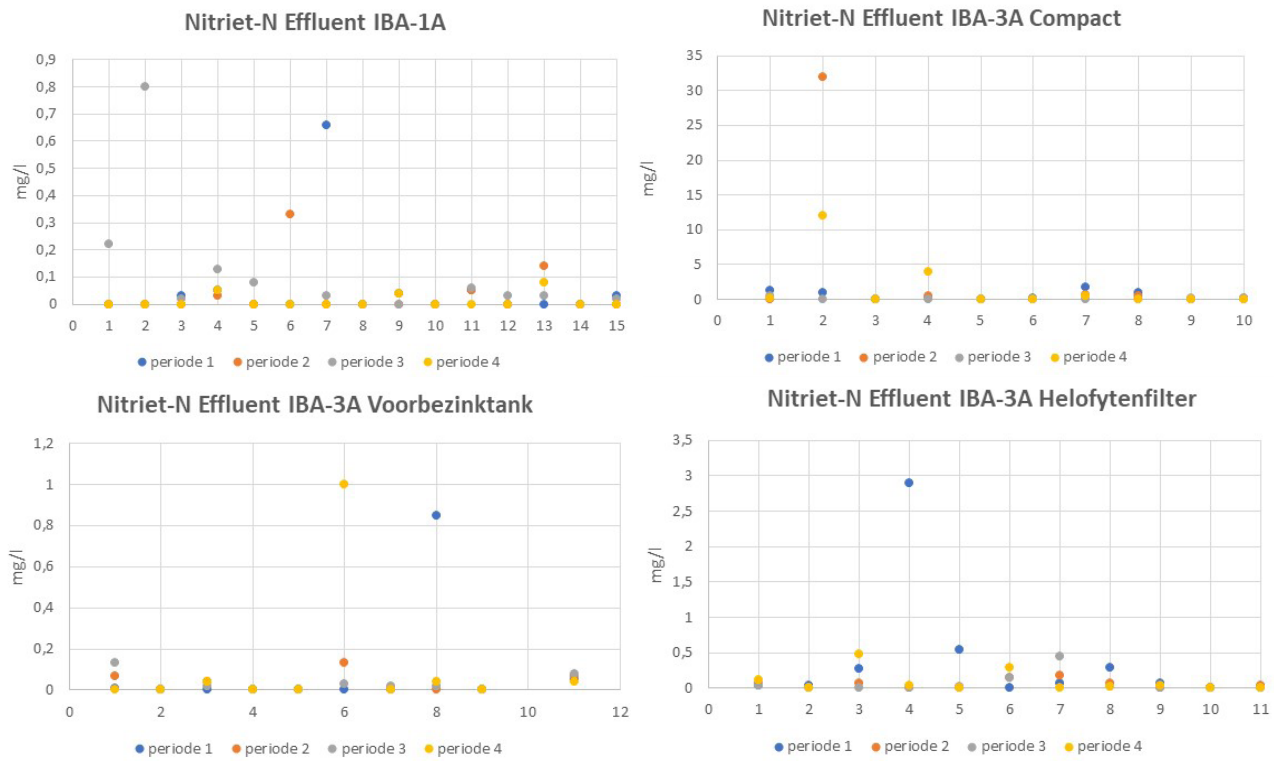
IBA-3A helofyten (>0,2 mg/l): locatie 4 (per. 1), locatie 5 (per. 1)

In het effluent van IBA-1 systemen en in de voorbezinktanks van de helofytenfiltersystemen ontbreekt nitriet of is dit element schaars aanwezig. In het afvalwater van IBA-3A compact-systemen, die actief worden belucht waardoor het proces van nitrificatie plaatsvindt, worden min of meer incidenteel hoge (> 0,5 mgN/l) nitrietwaarden gemeten, met als extreme uitschieter 32,0 mgN/l (locatie 2, periode 2) en 12 mgN/l (locatie 2, periode 4). Uitgezonderd twee uitschieters zijn de gehalten nitriet in het effluent van IBA-3A helofytenfiltersystemen laag.

FIGUUR 4.11 BOXPLOTS NITRIETGEHALTEN IN HET EFFLUENT VAN DE DRIE IBA-TYPES OVER DE VIER MEETPERIODES, EXCLUSIEF DE OUTLIER VAN 32 MGN/L PERIODE 1 IBA-3A COMPACT



FIGUUR 4.12 KARAKTERISTIEKEN NITRIETCONCENTRATIES. X = GEMIDDELTE WAARDE, MED. = MEDIANE WAARDE, MAX. = MAXIMUMWAARDE EN MIN. = MINIMUMWAARDE



4.2.3 NITRAAT

Nitraat is een stikstofverbinding die ontstaat als ammonium oxideert (afbreekt) in het proces van nitrificatie. Nitrificatie is afhankelijk van micro-organismen. Factoren zoals organische stof, watergehalte, zuurstoftoevoer, temperatuur en pH van de bodem kunnen beïnvloeden hoeveel of hoe weinig ammonium wordt omgezet in nitraat. Warme, vochtige bodems met een goede zuurstoftoevoer bieden gunstige omstandigheden voor nitrificatie.

Emissie-eisen nitraat: Geen

TABEL 4.8 KARAKTERISTIEKEN NITRIETCONCENTRATIES EFFLUENT. X = GEMIDDELDE WAARDE, MED. = MEDIANE WAARDE, MAX. = MAXIMUMWAARDE EN MIN. = MINIMUMWAARDE

(mgN/l)	Effluent IBA-1					Effluent IBA-3A Compact Actief Slib				
	norm	X	med.	max.	min.	norm	X	med.	max.	min.
Periode 1	-	0,2	0	2,1	0	-	15,2	6,9	55	0
Periode 2	-	0,1	0	1	0	-	21,2	15	63	0
Periode 3	-	0,3	0,2	0,8	0	-	21,0	7,6	63	0
Periode 4	-	0,3	0,1	1,1	0	-	7,1	1,5	41	0
(mgN/l)	Effluent IBA-3A Voorbezinktank Helofytenfilter					Effluent IBA-3A Helofytenfilter				
	norm	X	med.	max.	min.	norm	X	med.	max.	min.
Periode 1	-	0,3	0,04	1,9	0	-	49,7	46	176	0,17
Periode 2	-	0,1	0,04	0,8	0	-	50	48	165	1,83
Periode 3	-	0,1	0,05	0,5	0	-	52,1	59	141	1,95
Periode 4	-	1,1	0,2	0,2	0	-	25,7	23	65	0,39

Uitschieters

IBA-1 (>0,5 mg/l): locatie 2 (per. 3), locatie 4 (per. 1, 3, 4), locatie 7 (per. 1), locatie 13 (per. 2)

IBA-3A compact (<60 mg/l): locatie 4 (per. 2, 3)

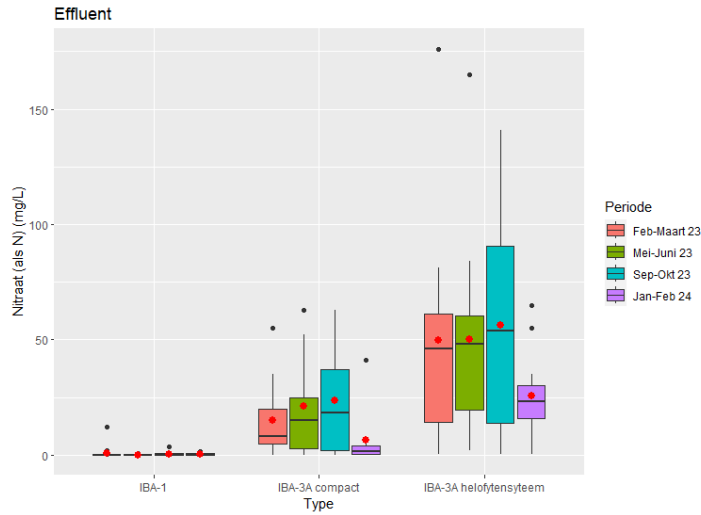
IBA-3A helofyten (<60 mg/l): locatie 1 (per. 1, 2, 3, 4), locatie 2 (per. 2), locatie 4 (per. 1, 2, 3), locatie 7 (per. 3), locatie 8 (per. 3), locatie 11 (per. 1, 3)

Vanwege de zuurstofarme condities vindt in IBA-1 systemen en in de voorbezinktanks van de helofytenfiltersystemen niet of nauwelijks nitrificatie plaats en is het effluent veelal nitraatarm.

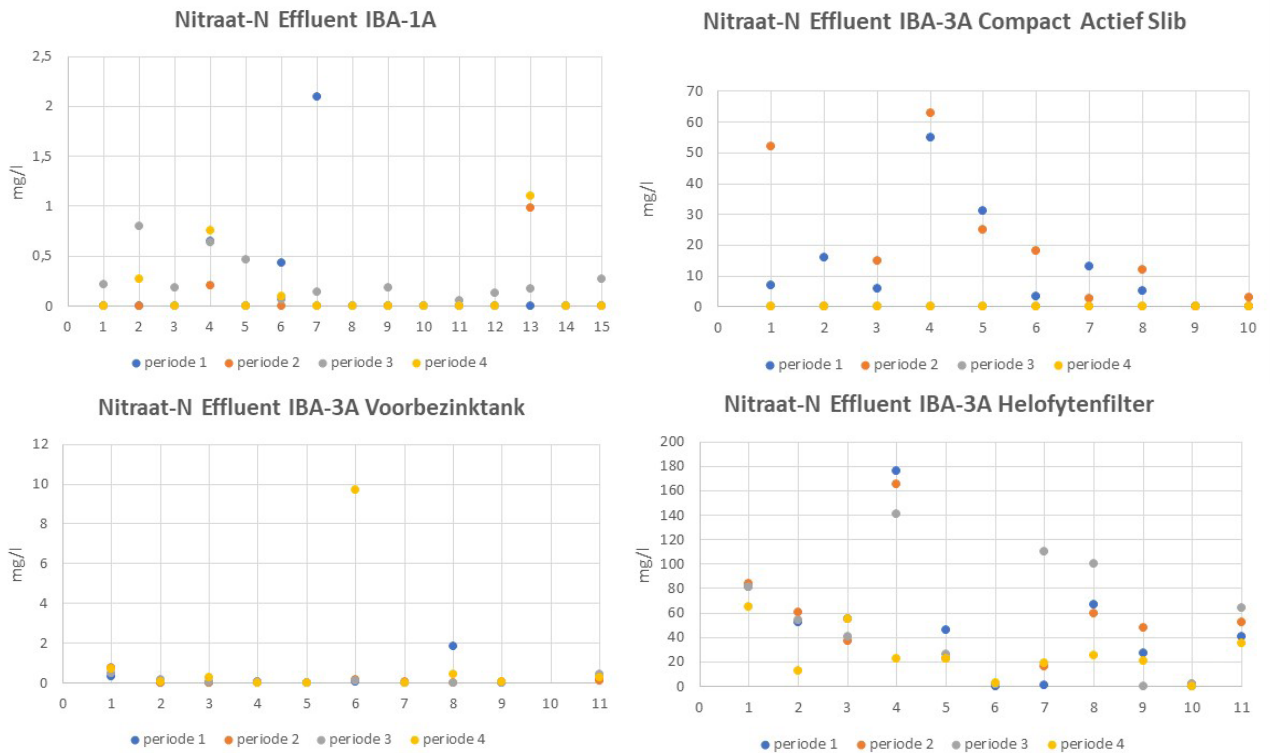
De aanwezigheid van nitrificerende micro-organismen in de actief slibtank resulteert in hogere nitraatgehalten in het effluent van IBA-3A compactsystemen. Temperatuur is ook een belangrijke milieufactoor bij nitrificatie. Mogelijk is dit de verklaring voor de (beperkt) hogere nitraatgehalten in periode 2 en periode 3 en zeker ten opzichte van periode 4.

De hoogste nitraatconcentraties zijn gemeten in de afvalwater van IBA-3A helofytenfiltersystemen. Blijkbaar zijn de condities voor bacteriegroei in de bodem van deze systemen meer optimaal, vermoedelijk vooral rond de wortels van de rietplanten, die als een soort 'snorkels' zuurstof uit de lucht opnemen en naar de wortels transporteren. Ten opzichte van de eerste drie meetrondes zijn de nitraatgehalten in de 4^e meetronde beduidend lager, mogelijk als gevolg van het temperatuureffect. In het effluent van 3 van de 11 helofytenfiltersystemen, de locaties 1, 4 en 8, overstijgt het gemiddelde nitraatgehalte de lozingseis voor totaal-stikstof van < 60 mgN/l.

FIGUUR 4.13 BOXPLOTS NITRAATGEHALTEN IN HET EFFLUENT VAN DE DRIE IBA-TYPES OVER DE VIER MEETPERIODES



FIGUUR 4.14 KARAKTERISTIEKEN NITRAATCONCENTRATIES. X = GEMIDDELDE WAARDE, MED. = MEDIATE WAARDE, MAX. = MAXIMUMWAARDE EN MIN. = MINIMUMWAARDE



4.2.4 TOTAAL STIKSTOF

Totaal-stikstof is de sommatie van organisch gebonden stikstof, ammonium, nitriet en nitraat. Een persoon produceert per dag 9,2-12,4 mgN/l totaal-stikstof.

Emissie-eis totaal-stikstof (op basis van steekmonster): IBA-3A < 60 mgN/l.

TABEL 4.9 KARAKTERISTIEKEN TOTAAL STIKSTOFCONCENTRATIES EFFLUENT. X = GEMIDDELDE WAARDE, MED. = MEDIANE WAARDE, MAX. = MAXIMUMWAARDE EN MIN. = MINIMUMWAARDE

t-N (mgN/l)	Effluent IBA-1					Effluent IBA-3A Compact Actief Slib				
	norm	X	med.	max.	min.	norm	X	med.	max.	min.
Periode 1	-	96,6	95,6	388,7	10,3	< 60	116,1	74,5	462,2	8,9
Periode 2	-	138,1	94,9	384,1	32,2	< 60	38,0	31,2	79,6	5,9
Periode 3	-	117	106,2	346,2	20,7	< 60	151,8	58,8	791,5	8,1
Periode 4	-	46,2	37,1	93	17,2	< 60	58,4	38,1	154	7,3
t-N (mgN/l)	Effluent IBA-3A Voorbezinktank Helofytenfilter					Effluent IBA-3A Helofytenfilter				
	norm	X	med.	max.	min.	norm	X	med.	max.	min.
Periode 1	-	105,3	94,2	154,1	68,4	< 60	60,9	54,9	1,95	1,6
Periode 2	-	96,7	83	166,1	42,3	< 60	47,3	54,0	166,3	2,7
Periode 3	-	98,2	94	168,1	50,9	< 60	68,1	61,5	141,8	2,0
Periode 4	-	57,3	60,7	96,2	19,3	< 60	26,6	26,3	68,8	1,7

Uitschieters

IBA-1 (>200 mg/l): locatie 4 (per. 1), locatie 5 (per. 2), locatie 7 (per. 2, 3), locatie 11 (per. 1, 2)

IBA-3A compact (<60 mg/l): locatie 1 (per. 1, 3, 4), locatie 4 (per. 1, 2, 3, 4), locatie 6 (per. 4), locatie 7 (per. 1),
locatie 8 (per. 1, 2, 3), locatie 9 (per. 1, 3)

IBA-3A helofyten (<60 mg/l): locatie 1 (per. 1, 2, 3, 4), locatie 2 (per. 2), locatie 4 (per. 1, 2, 3), locatie 7 (per. 1, 2, 3),
locatie 8 (per. 1, 2, 3), locatie 11 (per. 3)

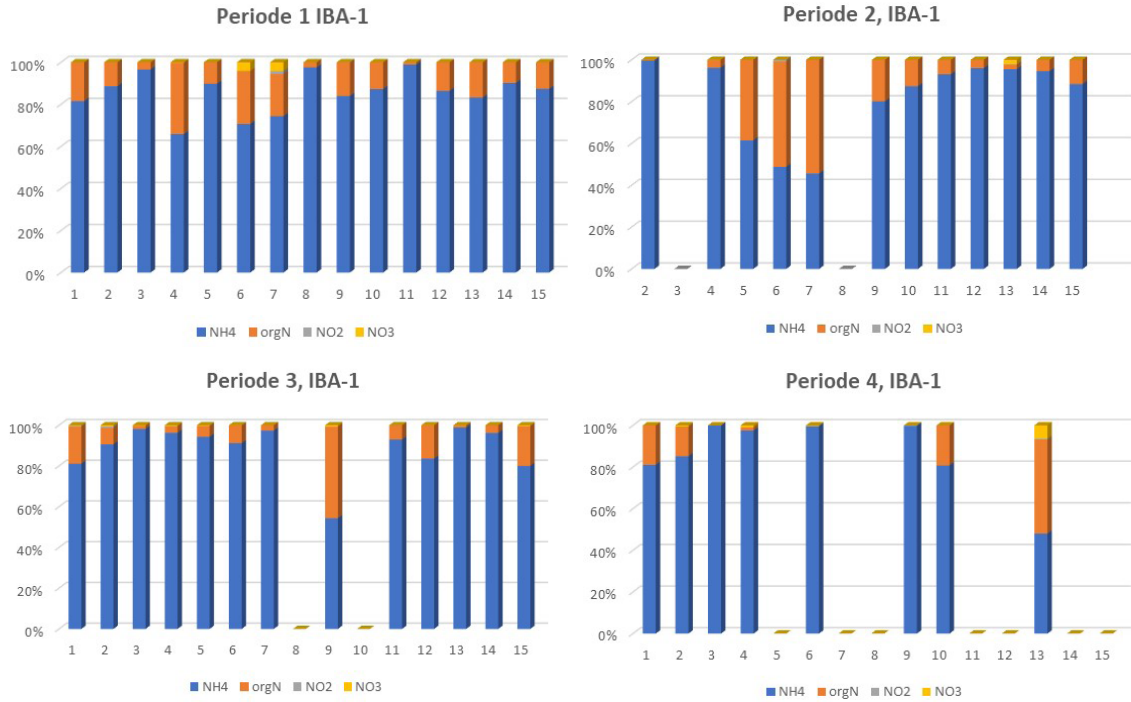
Van de 10 IBA-3A compactsystemen voldoen er 4 (40%) aan de emissie-eis van < 60 mgN/l. Soms is met name een overmaat aan organisch gebonden stikstof debet aan normoverschrijding (locaties 1, 7 en 8), of ammonium (locaties 6 en 9) of nitraat (locatie 4). Van de 11 IBA-3A helofytenfiltersystemen voldoen er 7 (64%) aan de lozings-eis van < 60 mg/l. Met name een 'overmaat' aan nitraat (locaties 1, 4 en 8) of ammonium (locatie 7) ligt ten grondslag aan het overschrijden van de stikstofnorm op deze locaties. Voor IBA-1 systemen geldt geen emissie-eis voor de uitstoot van nitraat.

In het afvalwater van IBA-1 systemen is ammonium veruit de dominantste stikstofverbinding, gevolgd door organisch gebonden stikstof (figuur 4.15). Incidenteel is nitriet of nitraat noemenswaardig aanwezig.

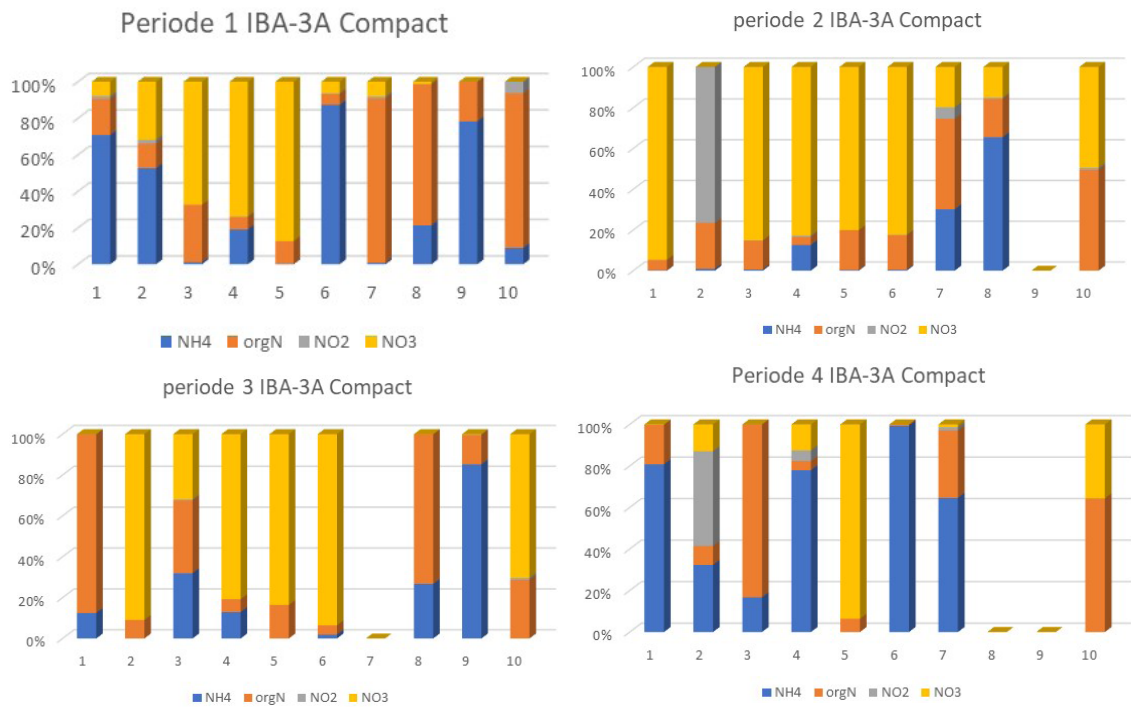
De dominante stikstofvorm in het afvalwater van de IBA-3A compactsystemen wisselt sterk, zowel binnen een tijdserie als tussen de vier tijdseries (figuur 4.16). Idealiter vormt de nitraat de belangrijkste stikstofcomponent, echter meer dan incidenteel is ammonium of organische gebonden stikstof de dominante stikstofverbinding en eenmalig nitriet (periode 2, locatie 2).

In het afvalwater van het merendeel van de IBA-3A Helofytenfiltersystemen is nitraat veruit de dominantste stikstofverbinding (figuur 4.17). Alleen op de locaties 6, 7 en 10 is veelal ammonium of organisch gebonden stikstof de dominante stikstofcomponent.

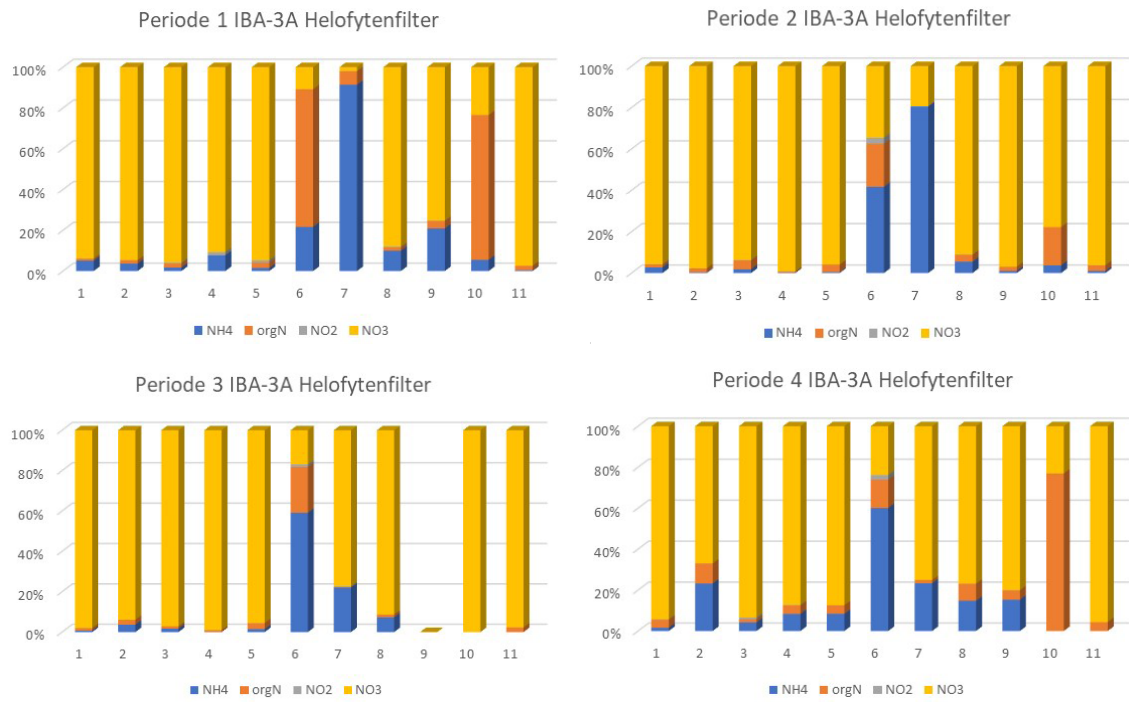
FIGUUR 4.15 PERCENTUELE VERDELING STIKSTOFVORMEN IN AFVALWATER VAN IBA-1 SYSTEMEN



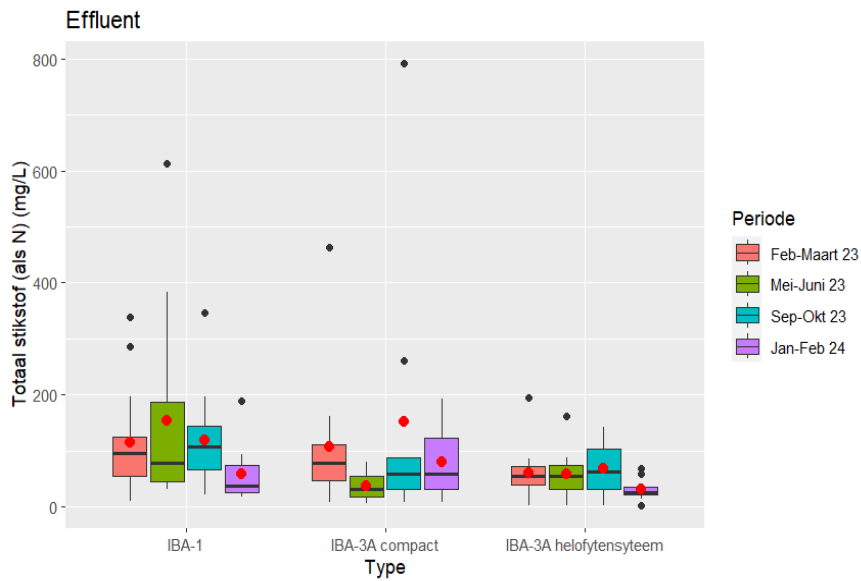
FIGUUR 4.16 PERCENTUELE VERDELING STIKSTOFVORMEN IN AFVALWATER VAN IBA-3 COMPACTSYSTEMEN



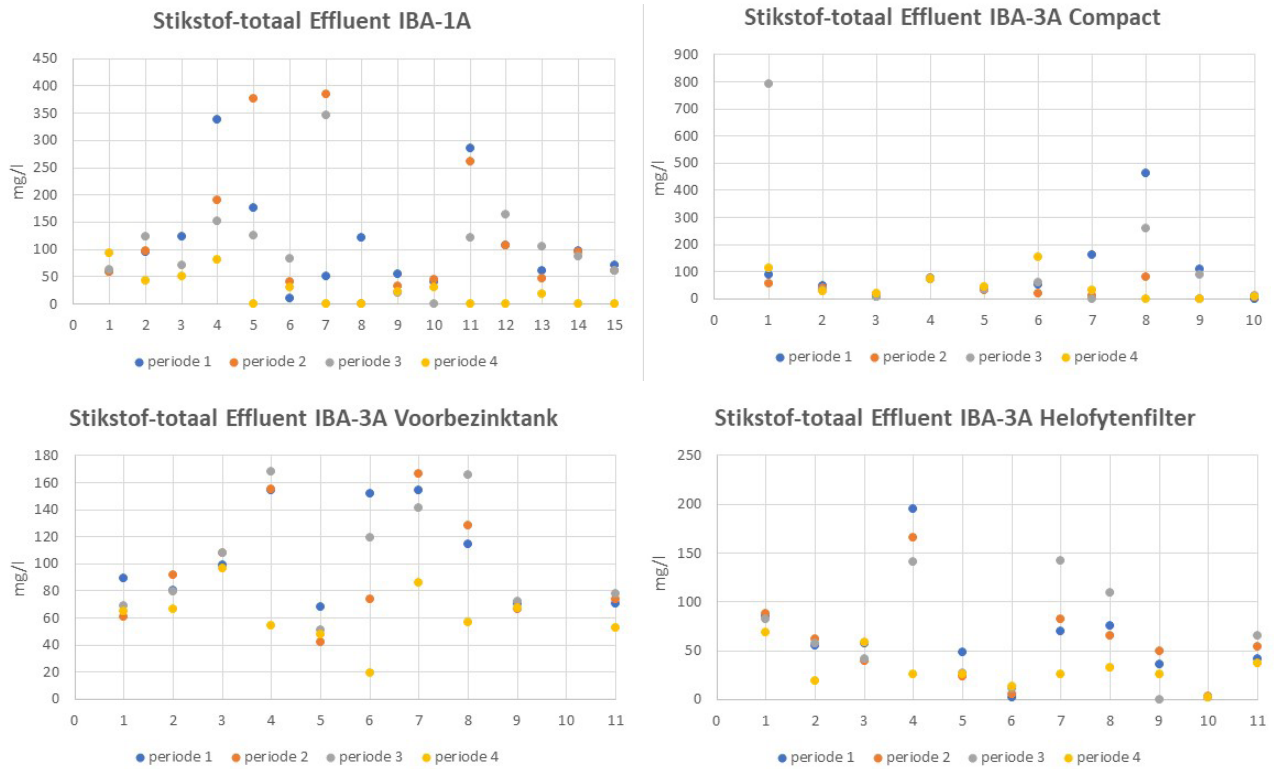
FIGUUR 4.17 PERCENTUELE VERDELING STIKSTOFVORMEN IN AFVALWATER VAN IBA-3A HELOFYTENFILTERSYSTEMEN



FIGUUR 4.18 BOXPLOTS TOTAAL-STIKSTOF-GEHALTEN IN HET EFFLUENT VAN DE DRIE IBA-TYPES OVER DE VIER MEETPERIODES



FIGUUR 4.19 KARAKTERISTIEKEN TOTAAL STIKSTOFCONCENTRATIES. X = GEMIDDELDE WAARDE, MED. = MEDIANE WAARDE, MAX. = MAXIMUMWAARDE EN MIN. = MINIMUMWAARD



4.2.5 TOTAAL FOSFOR

Fosfor is in afvalwater vooral aanwezig in de vorm van fosfaat (PO₄³⁻). Belangrijke bronnen zijn uitwerpselen, urine, voedsel en bepaalde zepen en wasmiddelen. Een persoon produceert per dag 1,5- 1,9 mgP/l totaal-fosfor. Het fosfaat in het afvalwater wordt voor een klein deel opgenomen door de micro-organismen, zij hebben het nodig voor hun eigen levensprocessen (vooral in de groei). Dus wordt er via het spuislib ook fosfaat verwijderd. Het grootste deel wordt niet door micro-organismen gebonden. Voor de P-verwijdering in helofytenfiltersystemen zijn chemische binding, opname door de vegetatie en vastlegging in organisch materiaal (immobilisatie) de belangrijkste processen.

Emissie-eisen totaal-fosfor: Geen

TABEL 4.10 KARAKTERISTIEKEN TOTAAL FOSFORCONCENTRATIES EFFLUENT. X = GEMIDDELDE WAARDE, MED. = MEDIANEWAARDE, MAX. = MAXIMUMWAARDE EN MIN. = MINIMUMWAARDE

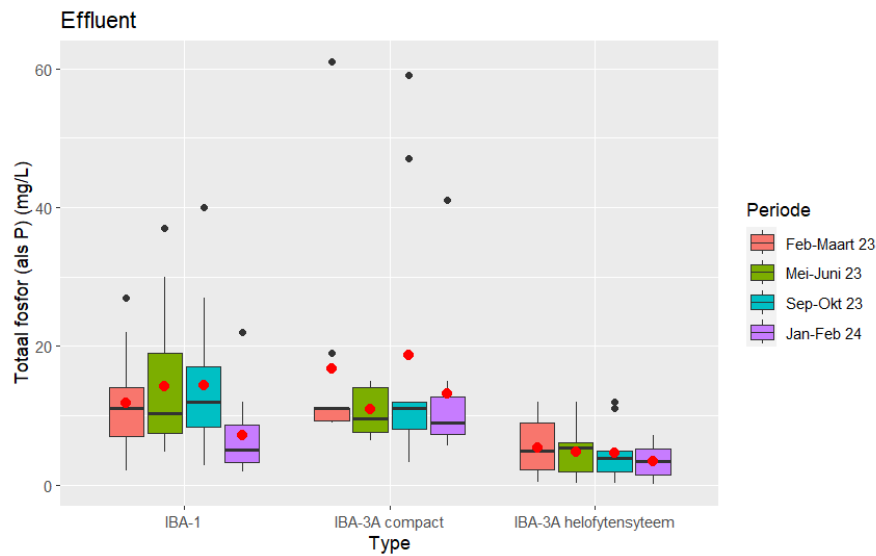
t-P (mgP/l)	Effluent IBA-1					Effluent IBA-3A Compact				
	norm	X	med.	max.	min.	norm	X	med.	max.	min.
Periode 1	-	11,4	11	27	2,1	-	17,1	10	61	8,9
Periode 2	-	14,6	11	37	4,7	-	10,9	9,5	15	6,4
Periode 3	-	14,4	12	40	7,9	-	12,8	8,7	47	3,3
Periode 4	-	5,9	6,6	12	1,9	-	12,8	9	41	5,7
t-P (mgP/l)	Influent IBA-3A Helofytenfilter					Effluent IBA-3A Helofytenfilter				
	norm	X	med.	max.	min.	norm	X	med.	max.	min.
Periode 1	-	10,7	10,1	15	6,1	-	5,4	4,9	12	0,41
Periode 2	-	11,4	11,5	19	4	-	4,0	2,8	12	0,16
Periode 3	-	12,8	12	29	5,1	-	4,5	3,8	12	0,19
Periode 4	-	6,5	5,9	11	1,5	-	3,3	3,4	7,1	0,04

Uitschieters

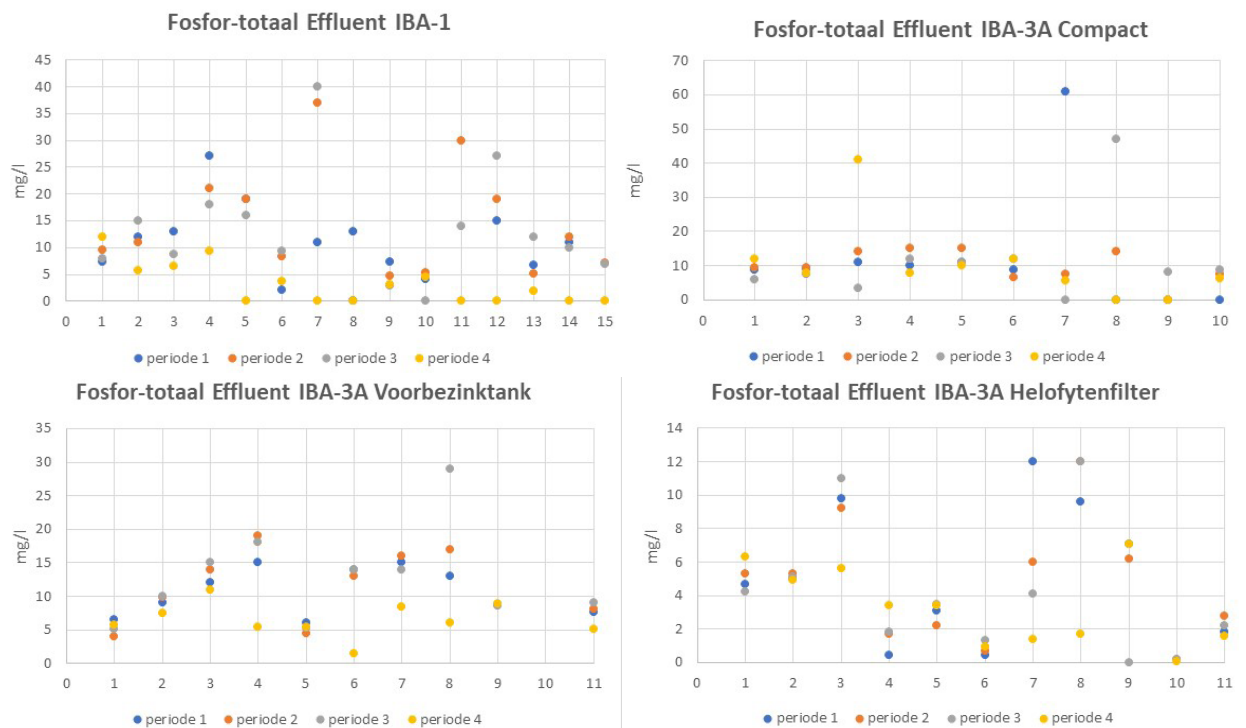
IBA-1 (>20 mg/l): locatie 4 (per. 1, 2), locatie 7 (per. 2, 3), locatie 11 (per. 2), locatie 12 (per. 3)
 IBA-3A compact (>20 mg/l): locatie 3 (per. 4), locatie 7 (per. 1), locatie 8 (per. 3)
 IBA-3A helofyten (>10 mg/l): locatie 7 (per. 1), locatie 8 (per. 2, 3)

De totaal-fosforgehalten in het afvalwater van de IBA-1 systemen, IBA-3A compactsystemen en van de voorbezinktanks van de helofytenfiltersystemen zijn min of meer vergelijkbaar. Vermoedelijk vindt in deze systemen nauwelijks fosfaatverwijdering plaats. Daarentegen zijn na passage door het filtersysteem de totaal-fosforgehalten in het effluent van de IBA-3A helofytenfiltersystemen duidelijk verlaagd.

FIGUUR 4.20 **BOXPLOTS TOTAAL-FOSFOR-GEHALTEN IN HET EFFLUENT VAN DE DRIE IBA-TYPES OVER DE VIER MEETPERIODES**



FIGUUR 4.21 **KARAKTERISTIEKEN TOTAAL FOSFORCONCENTRATIES. X = GEMIDDELDE WAARDE, MED. = MEDIATE WAARDE, MAX. = MAXIMUMWAARDE EN MIN. = MINIMUMWAARDE**



4.2.6 ZUIVERINGSRENDEMENT IBA-3A HELOFYTFILTERS VOOR STIKSTOF EN FOSFOR

Voor 10 IBA-3A helofytenfilters is het influent – de uitstroom uit de voorbezinktank – en het effluent bemonsterd, waardoor het zuiveringsrendement van de helofytenfilter kan worden berekend. In deze paragraaf staat het zuiveringsrendement voor de nutriënten stikstof en fosfor centraal.

TABEL 4.11 ZUIVERINGSRENDEMENT VOOR AMMONIUM, TOTAAL-STIKSTOF EN TOTAAL-FOSFOR HELOFYTFILTERSYSTEMEN

Locatie	NH ₄ (mg/l)			Ntot (mg/l)			Ptot (mg/l)		
	Influent	Effluent	%	Influent	Effluent	%	Influent	Effluent	%
1	66	2	97	71	81	-14%	5,3	5,1	3,8
2	69	2	97,1	80	49	38,8	9,1	5,1	44
3	94	1	98,9	103	49	52,4	13	8,9	31,5
4	128	5	96,1	133	132	0,8	14,4	1,8	87,5
5	51	1	98	52	32	38,5	5,3	3,1	41,5
6	83	4	95,2	91	8	91,2	10,6	0,8	92,5
7	130	42	67,7	137	80	41,6	13,4	5,9	56
8	110	6	94,5	116	71	38,8	16,3	8,8	46
9	57	4	93	69	37	46,4	8,7	6,8	21,8
11	63	0	100	69	50	27,5	7,5	2,1	72
zuiveringsrendement			93,8%			40,2%			49,7%

Voor alle helofytenfilters geldt dat veelal > 95% van het ammonium wordt omgezet in nitraat. Alleen systeem 7 in periode 1, 2 en 3 en systeem 6 in periode 6 functioneert in dit opzicht onder de maat.

De mate van verwijdering van totaal-stikstof door processen als denitrificatie, adsorptie en opname door planten verschilt per locatie en kan op een locatie bovendien sterk verschillen in de tijd. Opvallend is het hoge zuiveringsrendement van locatie 6. Daarentegen zijn verspreid in ruimte en tijd situaties met een negatief rendement, met andere woorden, er is meer stikstof geproduceerd dan dat is verwijderd. In dit opzicht zijn met name de 'lage' rendementen van de locaties 1 en 4 opmerkelijk. Zoals gezegd kan de stikstofverwijdering aanzienlijk variëren in de tijd. Het meest illustratief hiervoor betreft locatie 7, met een relatief hoog (> 50%) verwijderingspercentage in de perioden 1, 2 en 4, maar met een negatief verwijderingspercentage in periode 3. Gemiddeld schommelt het stikstofverwijderingspercentage rond de 40%

De mate van fosforverwijdering verschilt sterk tussen de IBA's. Twee IBA's verwijderen fosfor meer dan 85% op basis van het gemiddelde van vier meetronden. Daarentegen zijn er ook twee IBA's met maximaal 35% fosforverwijdering. Gemiddeld schommelt het fosforverwijderingspercentage rond de 50%

4.3 MACRO-IONEN

4.3.1 CHLORIDE

Chloor oftewel chloride is normaal in alle soorten afvalwater te vinden. Terwijl de concentratie van het element in drinkwater bij slechts 30 mg/L ligt, kunnen dit in huishoudelijk afvalwater al 120 mg/L zijn. Chloride wordt in de vorm van natriumchloride vooral via urine uitgescheiden

Als de chlorideconcentraties lager zijn dan 200 mg/l dan geeft dat geen beperkingen voor het agrarisch gebruik en geen effecten op de planten en dieren die er leven. Als de concentratie tussen de 200 en de 400 mg/l is dan zijn er geringe effecten te verwachten. Als de concentratie hoger is dan 400 mg/l dan zijn er negatieve gevolgen te verwachten van de verhoogde chlorideconcentratie.

Emissie-eisen chloride: Geen

TABEL 4.12 KARAKTERISTIEKEN CHLORIDECONCENTRATIES EFFLUENT. X = GEMIDDELTE WAARDE, MED. = MEDIANE WAARDE, MAX. = MAXIMUMWAARDE EN MIN. = MINIMUMWAARDE

Cl (mgN/l)	Effluent IBA-1					Effluent IBA-3A Compact Actief Slib				
	norm	X	med.	max.	min.	norm	X	med.	max.	min.
Periode 1	-	102,3	73	330	33	-	164	89	530	50
Periode 2	-	151,2	110	780	31	-	104	80	290	56
Periode 3	-	113,5	85	400	35	-	178	85	840	49
Periode 4	-	63,5	45	150	23	-	102	79	300	40
Cl (mgN/l)	Effluent IBA-3A Voorbezinktank Helofytenfilter					Effluent IBA-3A Helofytenfilter				
	norm	X	med.	max.	min.	norm	X	med.	max.	min.
Periode 1	-	114,3	93	240	62	-	119	84	450	13
Periode 2	-	139,5	87	290	61	-	96	79	460	6
Periode 3	-	127,4	85	300	68	-	125	110	260	7
Periode 4	-	147,3	74	580	36	-	107	56	330	18

Uitschieters

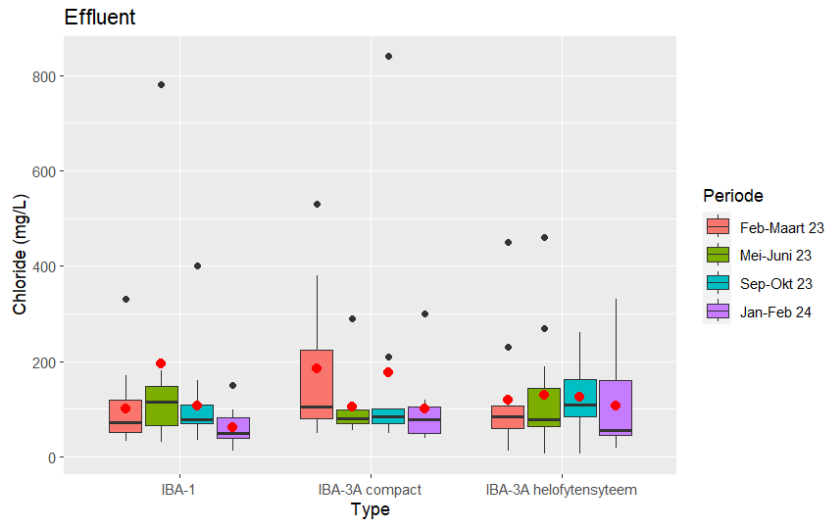
IBA-1 (>200 mg/l): locatie 6 (per. 2), locatie 14 (per. 3)

IBA-3A compact (>200 mg/l): locatie 2 (per. 1, 3, 4), locatie 8, (per. 1, 2), locatie 9 (per. 3)

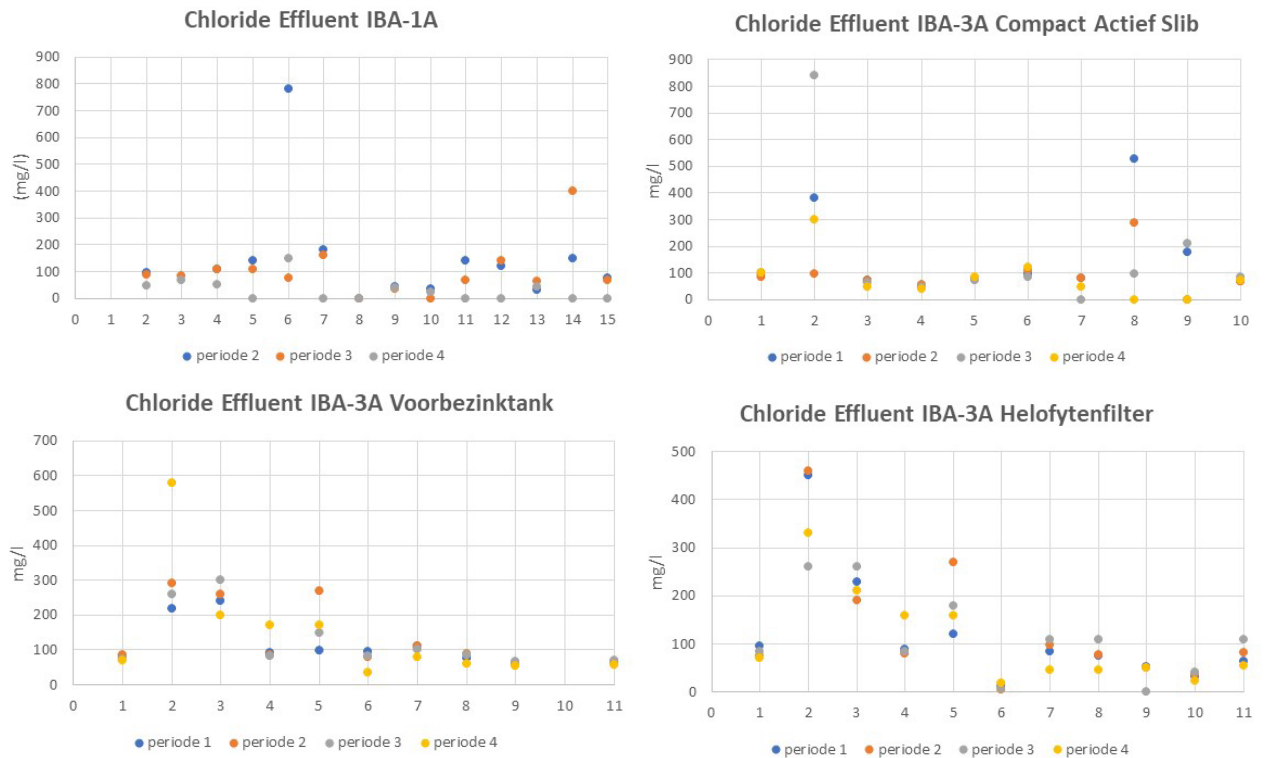
IBA-3A helofyten (>200 mg/l): locatie 2 (per. 1, 2, 3), locatie 3 (per. 1, 3, 4), locatie 5 (per. 3)

Behoudens bij het vrijkomen bij het proces van mineralisatie is chloride verder een inerte stof dat niet in de IBA-systemen wordt beïnvloed door andere waterkwaliteitsprocessen. Met name de mediane chloridegehalten verschillen weinig. Ongeacht het IBA-type is er incidenteel sprake van hoge chlorideconcentraties (> 200 mg/l) in het afvalwater, vermoedelijk door het huishoudelijk gebruik van waterontharder.

FIGUUR 4.22 BOXPLOTS CHLORIDEGEHALTEN IN HET EFFLUENT VAN DE DRIE IBA-TYPES OVER DE VIER MEETPERIODES



FIGUUR 4.23 KARAKTERISTIEKEN CHLORIDECONCENTRATIES. X = GEMIDDELDE WAARDE, MED. = MEDIATE WAARDE, MAX. = MAXIMUMWAARDE EN MIN. = MINIMUMWAARDE



4.3.2 ZWAVEL

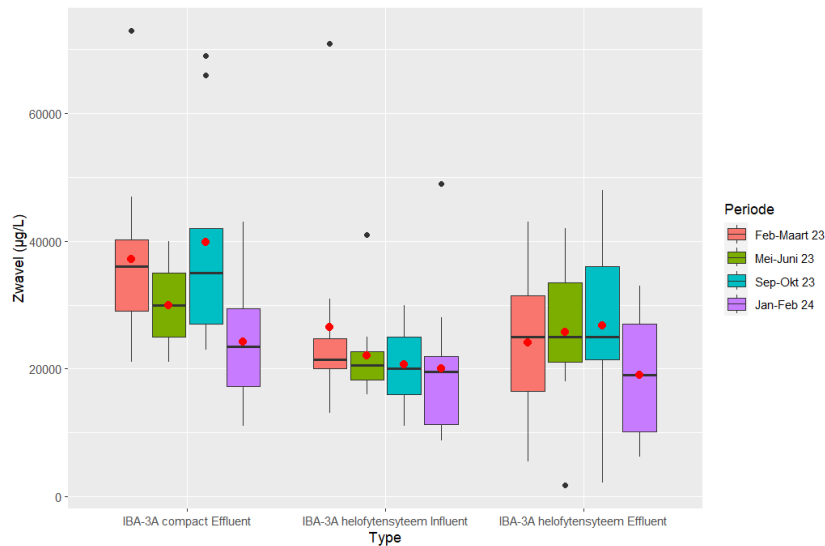
Emissie-eisen zwavel: Geen

De zwavelgehalten in het effluent van IBA-3A helofytenfiltersystemen zijn lager dan in het effluent van IBA-3A compactsystemen, maar wel verhoogd ten opzichte van de gemiddelde gehalten in het afvalwater van de voorbezinktanks van de helofytenfiltersystemen.

TABEL 4.13 KARAKTERISTIEKEN ZWAVELCONCENTRATIES. X = GEMIDDELDE WAARDE, MED. = MEDIANE WAARDE, MAX. = MAXIMUMWAARDE EN MIN. = MINIMUMWAARDE

S mg/l	Effluent IBA-3A Compactsystemen			
	X	med.	max.	min.
Periode 1	36	33	73	21
Periode 2	29	28	40	21
Periode 3	40	35	69	32
Periode 4	24	24	43	11
S mg/l	Influent IBA-3A Helofytenfiltersystemen			
	X	med.	max.	min.
Periode 1	27	22	71	13
Periode 2	22	21	41	16
Periode 3	21	20	30	11
Periode 4	20	20	49	9
S mg/l	Effluent IBA-3A Helofytenfiltersystemen			
	X	med.	max.	min.
Periode 1	26	26	43	5
Periode 2	26	26	42	2
Periode 3	27	25	48	2
Periode 4	20	20	33	6

FIGUUR 4.24 BOXPLOT WEERGAVE VAN DE CONCENTRATIE ZWAVEL IN HET EFFLUENT VAN IBA-3A COMPACT SYSTEMEN EN INFLUENT EN EFFLUENT VAN IBA-3A HELOFYTFILTER SYSTEMEN



4.3.3 KALIUM

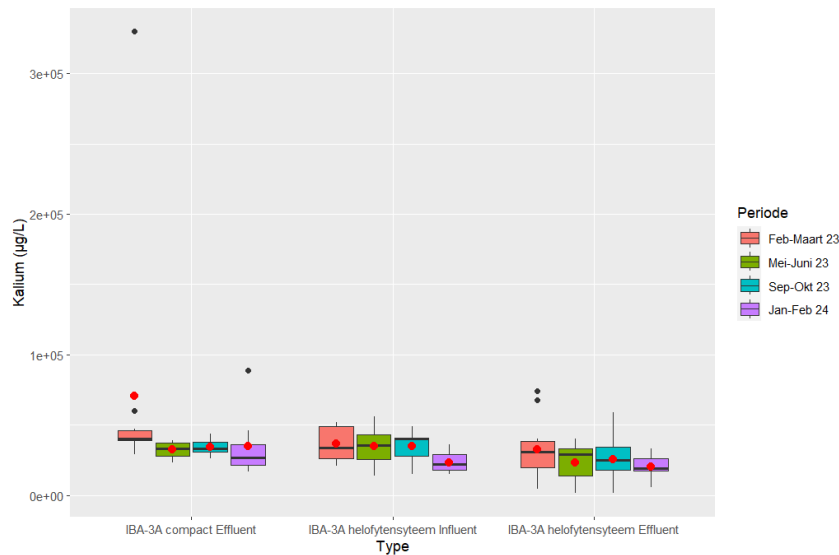
Emissie-eisen kalium: Geen

De kaliumconcentraties in het effluent van de IBA-3A helofytenfiltersystemen zijn gemiddeld iets lager dan in het toestromende influent en ook ten opzichte van het effluent van de IBA-3A compactsystemen. In periode 1 (feb-maart 2023) is een extreem hoge waarde gemeten in het afvalwater van een IBA-3A compact systeem.

TABEL 4.14 KARAKTERISTIEKEN KALIUMCONCENTRATIES. X = GEMIDDELDE WAARDE, MED. = MEDIANE WAARDE, MAX. = MAXIMUMWAARDE EN MIN. = MINIMUMWAARDE

K mg/l	Effluent IBA-3A Compactsystemen			
	X	med.	max.	min.
Periode 1	78	40	330	29
Periode 2	32	31	39	23
Periode 3	34	33	44	26
Periode 4	35	27	89	17
K mg/l	Influent IBA-3A Helofytenfiltersystemen			
	X	med.	max.	min.
Periode 1	37	34	52	21
Periode 2	35	36	50	14
Periode 3	35	40	52	15
Periode 4	23	22	36	15
K mg/l	Effluent IBA-3A Helofytenfiltersystemen			
	X	med.	max.	min.
Periode 1	35	32	74	4
Periode 2	25	30	40	2
Periode 3	28	28	59	3
Periode 4	18	19	33	11

FIGUUR 4.25 BOXPLOT WEERGAVE VAN DE CONCENTRATIE KALIUM IN HET EFFLUENT VAN IBA-3A COMPACT SYSTEMEN EN INFLUENT EN EFFLUENT VAN IBA-3A HELOFYTFILTER SYSTEMEN



4.3.4 CALCIUM

Emissie-eisen calcium: Geen

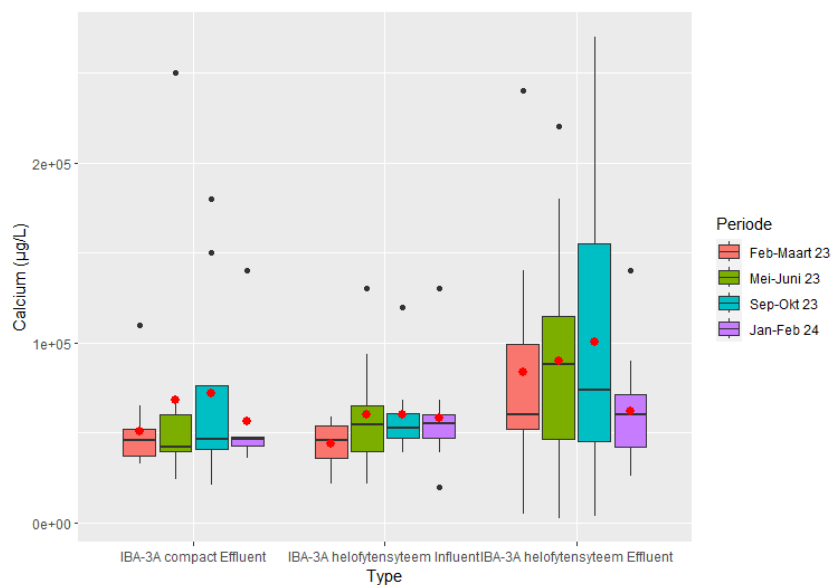
De gemiddelde, mediane en maximale calciumconcentraties in het effluent van de IBA-3A helofytenfiltersystemen zijn duidelijk **verhoogd** ten opzichte van de concentraties in het influent.

De calciumgehalten in het afvalwater van de IBA-3A compactsystemen zijn vergelijkbaar met de gehalten in het afvalwater van de voorbezinktanks van de helofytenfiltersystemen.

TABEL 4.14 KARAKTERISTIEKEN CALCIUMCONCENTRATIES. X = GEMIDDELDE WAARDE, MED. = MEDIANE WAARDE, MAX. = MAXIMUMWAARDE EN MIN. = MINIMUMWAARDE

Ca mg/l	Effluent IBA-3A Compactsystemen			
	X	med.	max.	min.
Periode 1	53	47	110	33
Periode 2	72	46	250	24
Periode 3	73	49	180	21
Periode 4	56	47	36	14
Ca mg/l	Influent IBA-3A Helofytenfiltersystemen			
	X	med.	max.	min.
Periode 1	44	46	59	22
Periode 2	60	55	130	22
Periode 3	60	53	120	39
Periode 4	58	56	130	20
Ca mg/l	Effluent IBA-3A Helofytenfiltersystemen			
	X	med.	max.	min.
Periode 1	82	72	240	5
Periode 2	99	94	220	4
Periode 3	114	74	270	6
Periode 4	65	60	140	3

FIGUUR 4.26 BOXPLOT WEERGAVE VAN DE CONCENTRATIE CALCIUM IN HET EFFLUENT VAN IBA-3A COMPACT SYSTEMEN EN INFLUENT EN EFFLUENT VAN IBA-3A HELOFYTENFILTER SYSTEMEN



4.3.5 OVERIGE MACRO-IONEN

Monitoringsdata van de overige gemeten lichte metalen (natrium en magnesium) zijn te raadplegen www.sanimonitor.nl.

4.3.6 ZUIVERINGSRENDEMENT MACRO-IONEN

Ten opzichte van de concentraties in het afvalwater van de voorbuffer zijn de concentraties van calcium en min of meer incidenteel magnesium, natrium en sulfaat verhoogd in het afvalwater van de aan de voorbuffers gekoppelde helofytenfilters. Daarentegen zijn de gehalten van kalium en veelal chloride bij de metingen lager na het passeren van de helofytenfilters. Het zuiveringsrendement van de 10 helofytenfiltersystemen voor de gesommeerde macro-ionen varieert van - 22% tot +11%.

TABEL 4.15 ZUIVERINGSRENDEMENT VOOR MACRO-IONEN IBA-3A HELOFYTENFILTERSYSTEMEN

Macro-ionen (µg/l)	Gemiddelde concentratie influent				Gemiddelde concentratie effluent				Rendement verwijdering lichte metalen			
	Periode 1	Periode 2	Periode 3	Periode 4	Periode 1	Periode 2	Periode 3	Periode 4	Periode 1	Periode 2	Periode 3	Periode 4
Calcium	44.100	60.100	60.000	58.200	87.270	98.830	114.233	64.800	-97,9	-64,4	-90,4	-11,3
Chloride	114.300	139.500	127.400	147.300	119.000	96.000	125.000	107.000	-4,1	31,2	1,9	27,4
Kalium	36.500	35.000	35.222	23.400	35.030	25.440	28.256	22.000	4,0	27,3	19,8	6,0
Magnesium	7.790	9.060	9.300	8.260	9.411	14.417	9.622	7.360	-20,8	-59,1	-3,5	10,9
Natrium	119.300	128.888	115.000	104.444	124.500	130.333	143.156	100.800	-4,4	-1,2	-24,5	3,5
Sulfaat	27.000	22.000	21.000	20.000	26.000	26.000	27.000	20.000	3,7	-18,2	-28,6	0
Totale hoeveelheid	348.990	394.548	367.922	361.604	401.211	391.020	447.267	321.960				
Rendement					-15%	1%	-22%	11%				

4.4 METALEN

De groep van metalen kunnen op grond van hun atoommassa en atoomnummer worden onderverdeeld in lichte – en zware metalen. De categorie zware metalen loopt vanaf atoomnummer 23 en omvat verschillende metalen die (zeer) giftig zijn, waaronder kwik, lood, cadmium en barium. Onder de lichte metalen worden de mineralen calcium, magnesium, natrium en kalium gerekend, maar ook enkele toxische stoffen zoals aluminium.

In deze paragraaf worden de belangrijkste lichte en zware metalen weergegeven die gemeten zijn in het project. Aangezien de metalen alleen gemeten zijn voor de IBA-3A compactsystemen en de IBA-3A helofyten systemen zijn alleen deze IBA's weergegeven.

4.4.1 ALUMINIUM

Emissie-eisen aluminium: Geen

Uitschieters

IBA-3A compact: locatie 1, locatie 7, locatie 8

IBA-3A helofyten: locatie 7, locatie 8

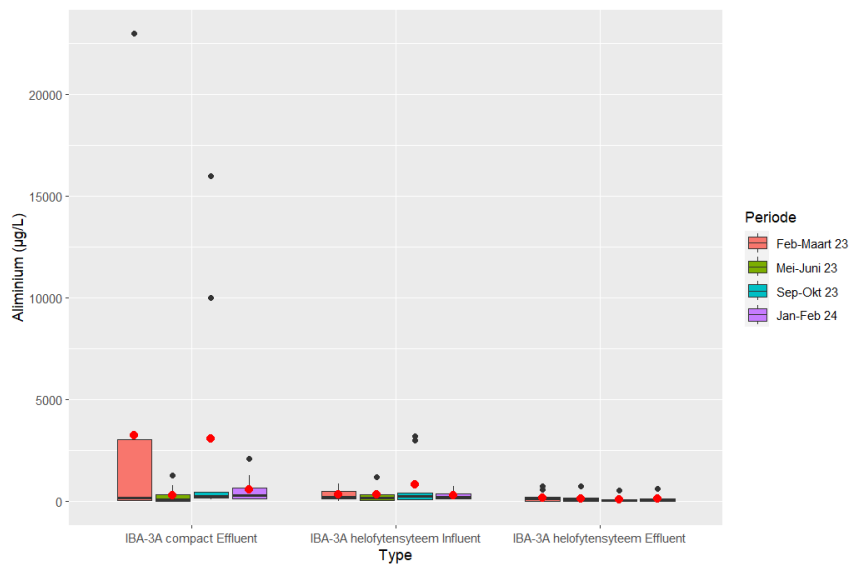
De gemiddelde en mediane concentraties aluminium in het effluent van de IBA-3A helofytenfiltersystemen zijn duidelijk **verlaagd** ten opzichte van de concentraties in het influent. Ten opzichte van de IBA-3A helofytenfiltersystemen zijn de gemiddelde aluminiumconcentraties in het afvalwater van de IBA-3A compactsystemen beduidend hoger, met name vanwege (zeer) hoge maximumgehalten.

De gemiddelde en mediane en aluminiumgehalten in de effluenten van de IBA-3A compactsystemen en IBA-3A helofytenfiltersystemen overschrijden ruim de oppervlaktewaternorm voor de Maximaal Toelaatbaar Toevoeging (MTT). Voor van nature voorkomende stoffen, waaronder aluminium is het Maximaal Toelaatbaar Risico (MTR) gebaseerd op de som van het natuurlijk achtergrondgehalte en de wetenschappelijk vastgestelde MTT.

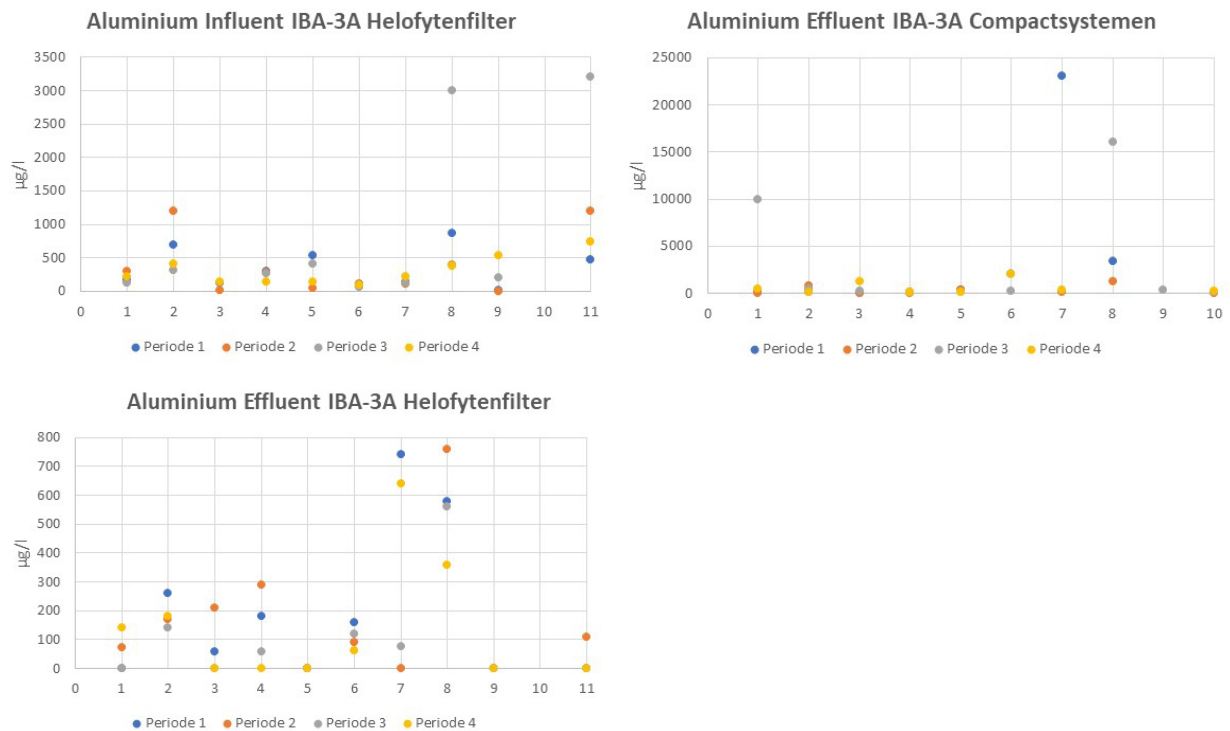
TABEL 4.16 KARAKTERISTIEKEN ALUMINIUMGEHALTEN. X = GEMIDDELDE WAARDE, MED. = MEDIANE WAARDE, MAX. = MAXIMUMWAARDE EN MIN. = MINIMUMWAARDE

Al µg/l	Effluent IBA-3A Compactsystemen			
	X	med.	max.	min.
Periode 1	3621	202	23000	0
Periode 2	329	86	1300	0
Periode 3	3081	260	16000	88
Periode 4	603	300	2100	87
Al µg/l	Influent IBA-3A Helofytenfiltersystemen			
	X	med.	max.	min.
Periode 1	341	230	855	300
Periode 2	363	195	1200	0
Periode 3	855	260	3200	64
Periode 4	300	220	740	85
Al µg/l	Effluent IBA-3A Helofytenfiltersystemen			
	X	med.	max.	min.
Periode 1	198	110	740	0
Periode 2	170	101	760	0
Periode 3	106	59	560	0
Periode 4	138	31	640	0

FIGUUR 4.27 BOXPLOT WEERGAVE VAN DE CONCENTRATIE ALUMINIUM IN HET EFFLUENT VAN IBA-3A COMPACT SYSTEMEN EN INFLUENT EN EFFLUENT VAN IBA-3A HELOFYTENFILTER SYSTEMEN



FIGUUR 4.28 OVERZICHT ALUMINIUMGEHALTEN IN INFLUENT EN EFFLUENT VAN IBA-3A HELOFYTENFILTERSYSTEMEN EN IN EFFLUENT IBA-3A COMPACTSYSTEMEN



4.4.2 ARSEEN

Emissie-eisen arseen: Geen

Uitschieters

IBA-3A compact: locatie 1, locatie 6, locatie 7, locatie 8

IBA-3A helofyten: locatie 4, locatie 7

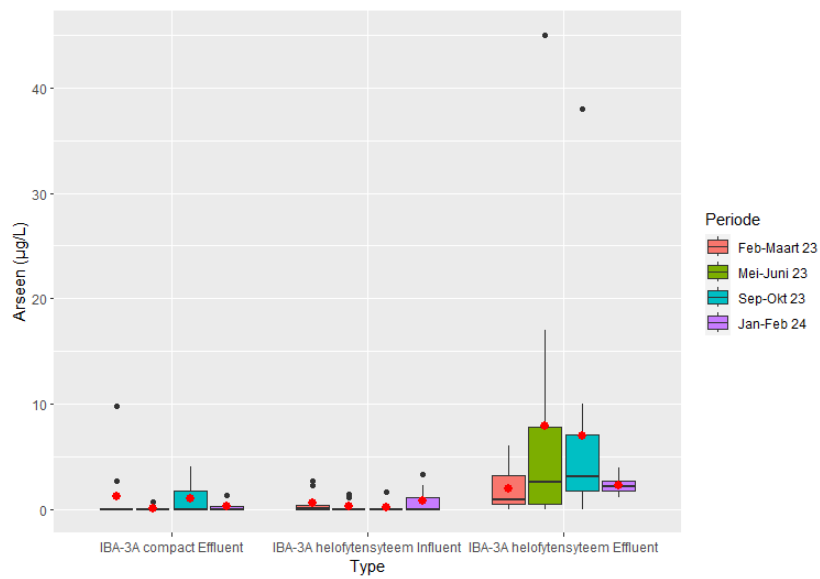
De gemiddelde, mediane en maximale arseenconcentraties in het effluent van de IBA-3A helofytenfiltersystemen zijn duidelijk **verhoogd** ten opzichte van de concentraties in het influent, die op hun beurt min of meer vergelijkbaar zijn met de gehalten in het afvalwater van de IBA-3A compactsystemen.

De gemiddelde en incidenteel de maximumgehalten arseen in het effluent van de IBA-3A helofytenfiltersystemen **overschrijden ruim** de oppervlaktewaternorm voor respectievelijk het jaargemiddelde (JG) en de maximaal aanvaardbare concentratie (MAC). Ook in het afvalwater van de IBA-3A compactsystemen zijn incidenteel te hoge concentraties arseen aanwezig.

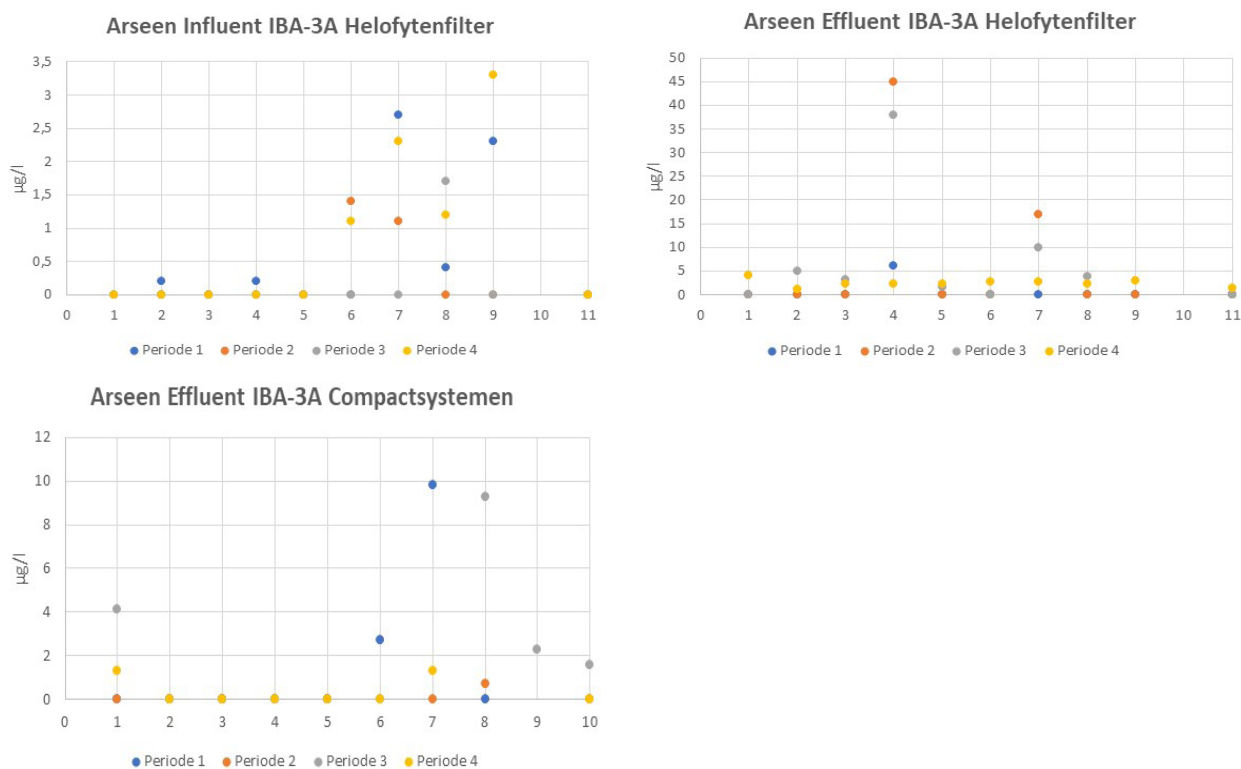
TABEL 4.17 KARAKTERISTIEKEN ARSEENCONCENTRATIES. X = GEMIDDELDE WAARDE, MED. = MEDIANE WAARDE, MAX. = MAXIMUMWAARDE EN MIN. = MINIMUMWAARDE

As µg/l	Effluent IBA-3A Compactsystemen			
	X	med.	max.	min.
Periode 1	1,6	0	9,8	0
Periode 2	0,3	0	1,6	0
Periode 3	2	0	9,3	0
Periode 4	0,3	0	1,3	0
As µg/l	Influent IBA-3A Helofytenfiltersystemen			
	X	med.	max.	min.
Periode 1	0,6	0,1	2,7	0
Periode 2	0,6	0,1	2,7	0
Periode 3	0,2	0	1,7	0
Periode 4	0,8	0	3,3	0
As µg/l	Effluent IBA-3A Helofytenfiltersystemen			
	X	med.	max.	min.
Periode 1	2,2	1,5	6	0
Periode 2	8,7	3,4	45	0,5
Periode 3	7,3	3,1	38	0
Periode 4	2,4	2,3	4	1,2

FIGUUR 4.29 BOXPLOT WEERGAVE VAN DE CONCENTRATIE ARSEEN IN HET EFFLUENT VAN IBA-3A COMPACT SYSTEMEN EN INFLUENT EN EFFLUENT VAN IBA-3A HELOFYTENFILTER SYSTEMEN



FIGUUR 4.30 OVERZICHT ARSEENGEHALTEN IN INFLUENT EN EFFLUENT VAN IBA-3A HELOFYTENFILTERSYSTEMEN EN IN EFFLUENT IBA-3A COMPACTSYSTEMEN



4.4.3 CHROOM

Emissie-eisen chroom: **Geen**

Uitschieters

IBA-3A compact: locatie 1, locatie 7, locatie 8

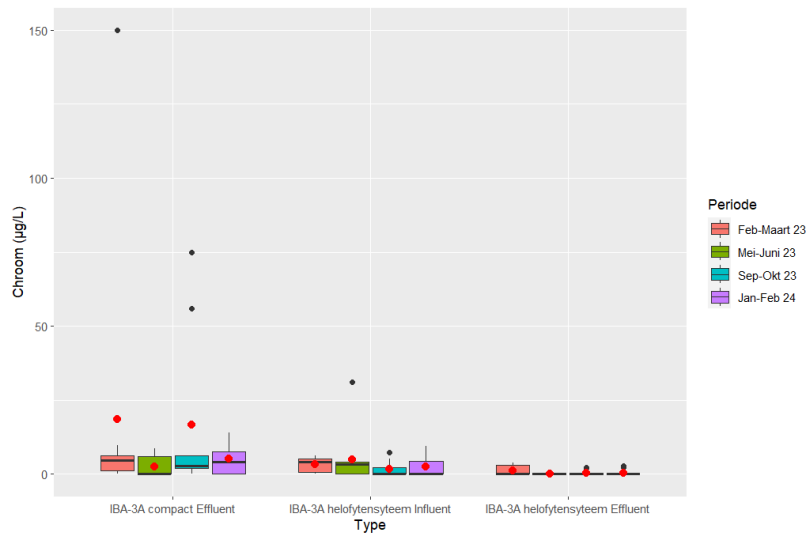
IBA-3A helofyten: locatie 1, locatie 8

De chroomconcentraties in het afvalwater van de IBA-3A helofytenfiltersystemen zijn lager dan in het effluent van IBA-3A compactsystemen, en ook ten opzichte van het influent van de IBA-3A helofytenfiltersystemen.

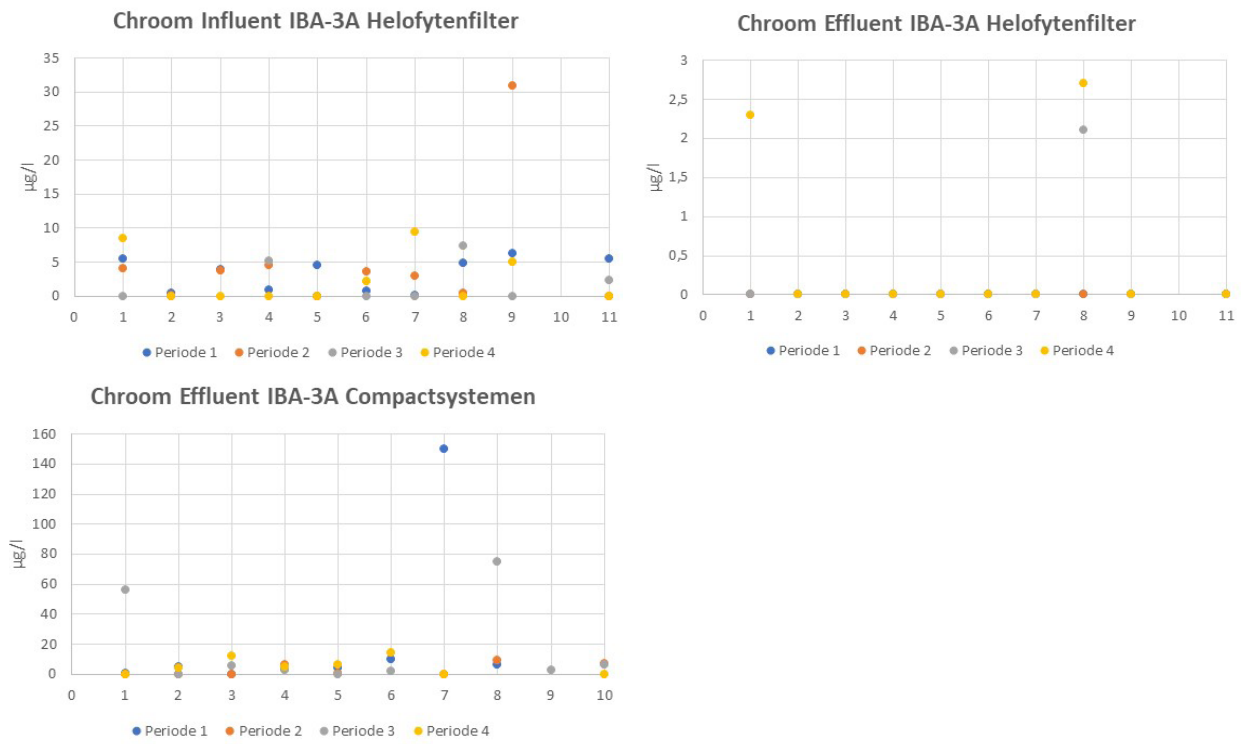
TABEL 4.18 KARAKTERISTIEKEN CHROOMCONCENTRATIES EFFLUENT. X = GEMIDDELDE WAARDE, MED. = MEDIANE WAARDE, MAX. = MAXIMUMWAARDE EN MIN. = MINIMUMWAARDE

Cr µg/l	Effluent IBA-3A Compactsystemen			
	X	med.	max.	min.
Periode 1	22,4	3,9	150	0,3
Periode 2	2,8	0,4	8,8	0
Periode 3	16,7	2,9	75	0
Periode 4	5,1	4,2	14	0
Cr µg/l	Influent IBA-3A Helofytenfiltersystemen			
	X	med.	max.	min.
Periode 1	3,3	4,3	6,3	0,1
Periode 2	5,1	3,3	31	0,2
Periode 3	1,7	0	7,4	0
Periode 4	2,5	0	9,4	0
Cr µg/l	Effluent IBA-3A Helofytenfiltersystemen			
	X	med.	max.	min.
Periode 1	1,4	0,1	3,8	0
Periode 2	0,1	0	0,4	0
Periode 3	0,5	0	2,2	0
Periode 4	0,5	0	2,7	0

FIGUUR 4.31 BOXPLOT WEERGAVE VAN DE CONCENTRATIE CHROOM IN HET EFFLUENT VAN IBA-3A COMPACT SYSTEMEN EN INFLUENT EN EFFLUENT VAN IBA-3A HELOFYTENFILTER SYSTEMEN



FIGUUR 4.32 OVERZICHT CHROOMGEHALTEN IN INFLUENT EN EFFLUENT VAN IBA-3A HELOFYTENFILTERSYSTEMEN EN IN EFFLUENT IBA-3A COMPACTSYSTEMEN



4.4.4 MANGAAN

Emissie-eisen mangaan: Geen

Uitschieters

IBA-3A compact: locatie 1, locatie 6, locatie 7, locatie 8

IBA-3A helofyten: locatie 1, locatie 2, locatie 11

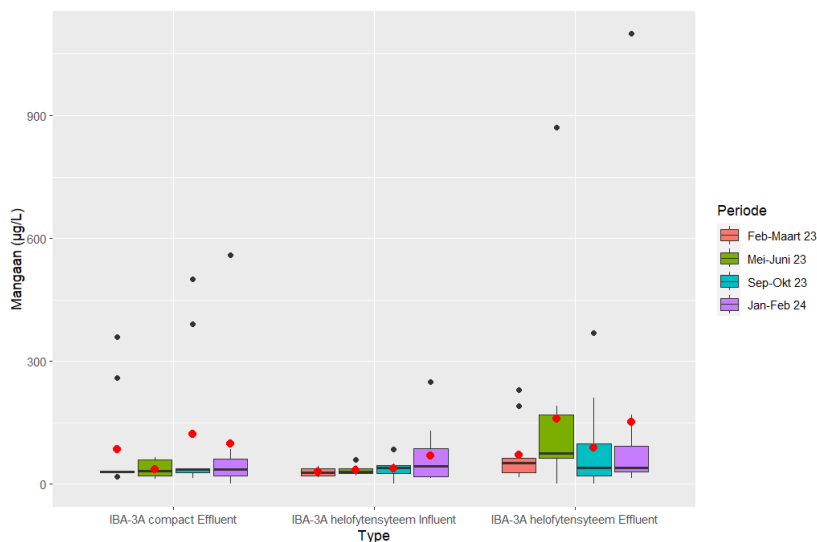
De gemiddelde, mediane en maximale mangaanconcentraties in het effluent van de IBA-3A helofytenfiltersystemen zijn duidelijk **verhoogd** ten opzichte van de concentraties in het influent, die op hun beurt lager zijn dan de gehalten in het afvalwater van de IBA-3A compactsystemen.

De gemiddelde mangaangehalten in het afvalwater van zowel de IBA-3A helofytenfiltersystemen als de IBA-3A compactsystemen **overschrijden veelal ruim** de oppervlaktewaternorm voor het Maximaal Toelaatbaar Risico (MTR).

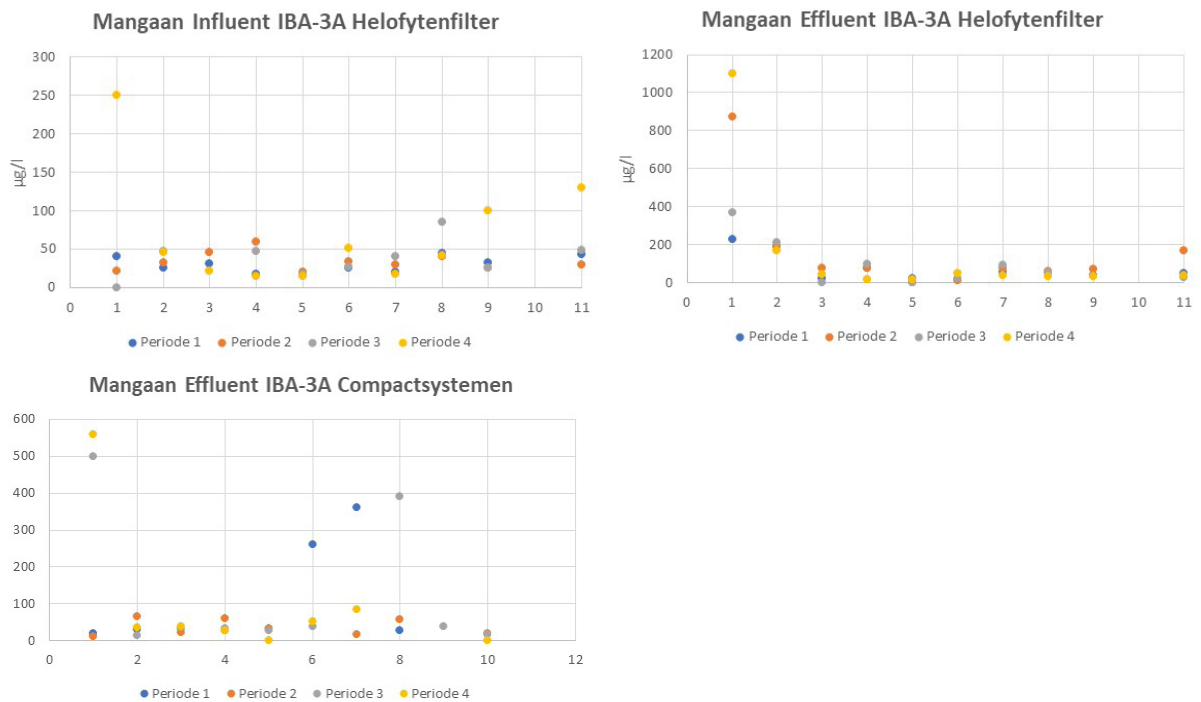
TABEL 4.19 KARAKTERISTIEKEN MANGAANCONCENTRATIES. X = GEMIDDELTE WAARDE, MED. = MEDIATE WAARDE, MAX. = MAXIMUMWAARDE EN MIN. = MINIMUMWAARDE

Mn	Effluent IBA-3A Compactsystemen			
µg/l	X	med.	max.	min.
Periode 1	99	31	360	19
Periode 2	34	33	66	12
Periode 3	135	37	500	15
Periode 4	100	37	560	0
Mn	Influent IBA-3A Helofytenfiltersystemen			
µg/l	X	med.	max.	min.
Periode 1	29	28	44	16
Periode 2	34	31	60	20
Periode 3	38	41	85	0
Periode 4	69	44	250	15
Mn	Effluent IBA-3A Helofytenfiltersystemen			
µg/l	X	med.	max.	min.
Periode 1	71	51	190	17
Periode 2	161	75	870	1
Periode 3	117	56	390	0
Periode 4	152	40	1100	14

FIGUUR 4.33 BOXPLOT WEERGAVE VAN DE CONCENTRATIE MANGAAN IN HET EFFLUENT VAN IBA-3A COMPACT SYSTEMEN EN INFLUENT EN EFFLUENT VAN IBA-3A HELOFYTENFILTER SYSTEMEN



FIGUUR 4.34 OVERZICHT MANGAANGEHALTEN IN INFLUENT EN EFFLUENT VAN IBA-3A HELOFYTENFILTERSYSTEMEN EN IN EFFLUENT IBA-3A COMPACTSYSTEMEN



4.4.5 IJZER

Emissie-eisen ijzer: Geen

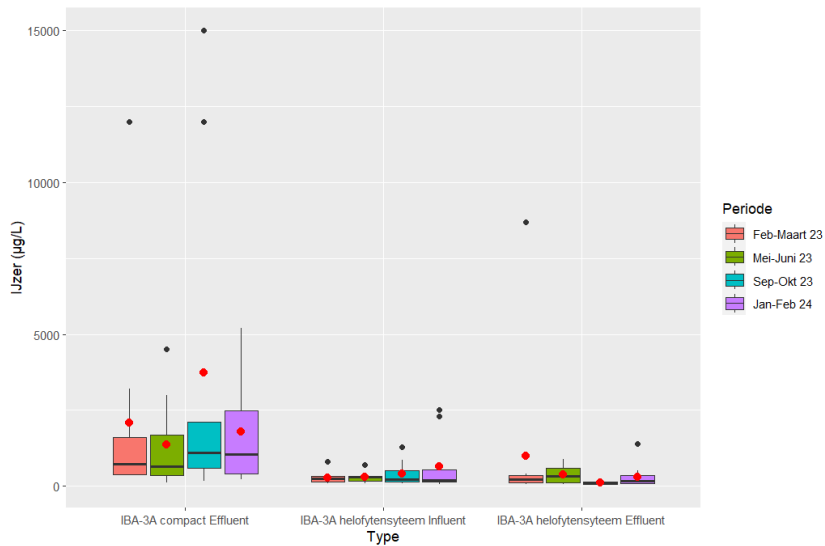
De ijzerconcentraties in het afvalwater van de IBA-3A helofytenfiltersystemen zijn lager dan in het effluent van IBA-3A compactsystemen en min of meer vergelijkbaar met de gehalten in het effluent van de helofytenfiltersystemen.

De gemiddelde en mediane ijzergehalten in de effluenten van de IBA-3A compactsystemen en IBA-3A helofytenfiltersystemen overschrijden veelal de oppervlaktewaternorm voor de Maximaal Toelaatbaar Toevoeging (MTT). Voor van nature voorkomende stoffen, waaronder ijzer is het Maximaal Toelaatbaar Risico (MTR) gebaseerd op de som van het natuurlijk achtergrondgehalte en de wetenschappelijk vastgestelde MTT.

TABEL 4.20 KARAKTERISTIEKEN MANGAANCONCENTRATIES. X = GEMIDDELDE WAARDE, MED. = MEDIANE WAARDE, MAX. = MAXIMUMWAARDE EN MIN. = MINIMUMWAARDE

Fe	Effluent IBA-3A Compactsystemen			
mg/l	X	med.	max.	min.
Periode 1	2,4	0,7	12	0,4
Periode 2	1	0,5	3	0,1
Periode 3	3,7	1,1	1,5	0,2
Periode 4	1,8	1,1	5,2	0,2
Fe	Influent IBA-3A Helofytenfiltersystemen			
mg/l	X	med.	max.	min.
Periode 1	0,3	0,3	0,8	0,1
Periode 2	0,3	0,3	0,7	0,1
Periode 3	0,4	0,2	1,3	0,1
Periode 4	0,7	0,2	2,5	0,1
Fe	Effluent IBA-3A Helofytenfiltersystemen			
mg/l	X	med.	max.	min.
Periode 1	1,1	0,3	8,7	0,1
Periode 2	0,4	0,3	0,9	0,1
Periode 3	0,1	0,1	0,2	0,1
Periode 4	0,3	0,2	1,4	0,1

FIGUUR 4.35 BOXPLOT WEERGAVE VAN DE CONCENTRATIE IJZER IN HET EFFLUENT VAN IBA-3A COMPACT SYSTEMEN EN INFLUENT EN EFFLUENT VAN IBA-3A HELOFYTENFILTER SYSTEMEN. DE RODE STIP GEEFT DE GEMIDDELDE WAARDE WEER



4.4.6 KOBALT

Milieukwaliteitsnormen oppervlaktewater: JG-MKN: 0,2 µg/l MAC-MKN: 1,36 µg/l

Uitschieters

IBA-3A compact: locatie 1, locatie 2, locatie 5, locatie 7, locatie 8

IBA-3A helofyten: locatie 1, locatie 2, locatie 3, locatie 6, locatie 7

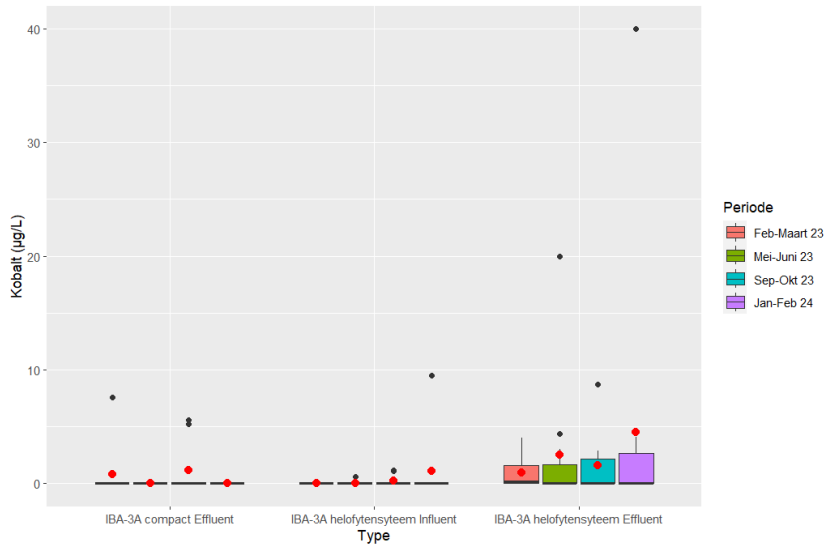
De gemiddelde – en maximale mangaanconcentraties in het effluent van de IBA-3A helofytenfiltersystemen zijn duidelijk **verhoogd** ten opzichte van de concentraties in het influent, die op hun beurt min of meer vergelijkbaar zijn met de gehalten in het afvalwater van de IBA-3A compactsystemen.

De gemiddelde en maximumgehalten kobalt in het effluent van de IBA-3A helofytenfiltersystemen **overschrijden ruim** de oppervlaktewaternorm voor het jaargemiddelde (JG) en voor de maximaal aanvaardbare concentratie (MAC).

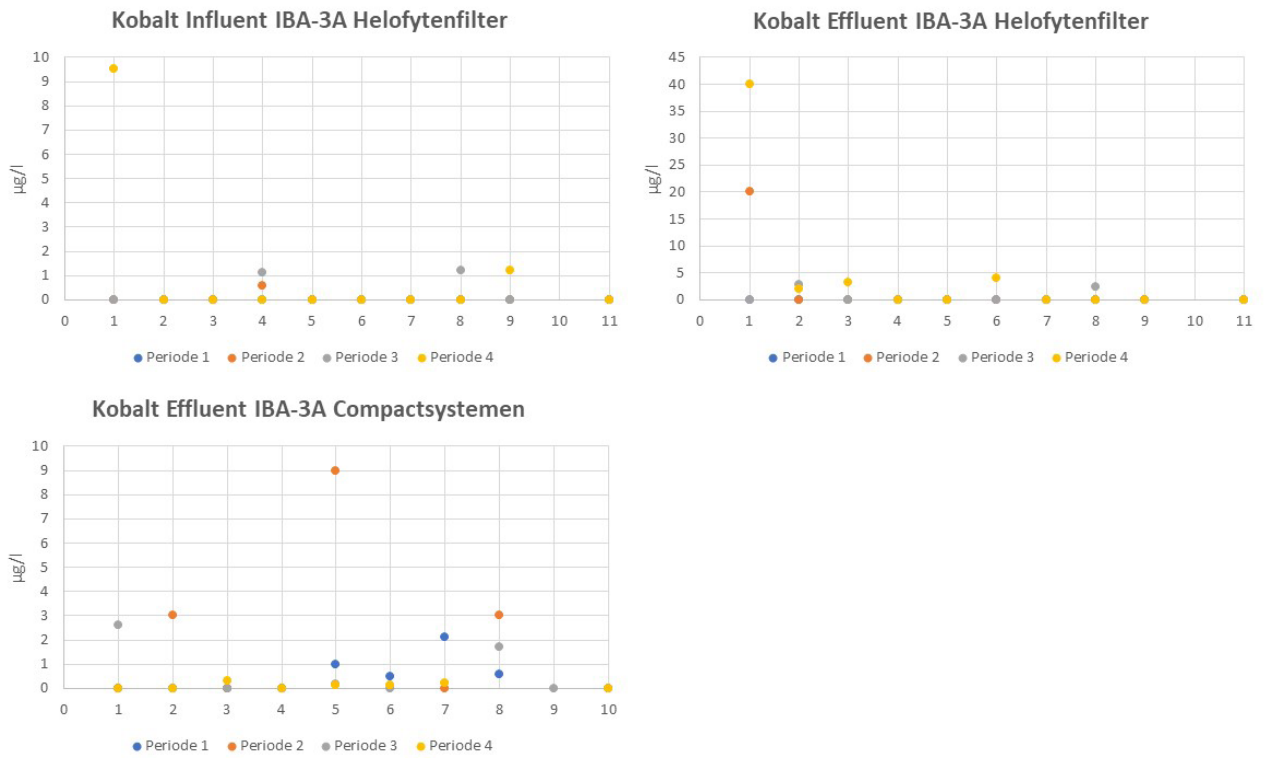
TABEL 4.21 KARAKTERISTIEKEN KOBALTCONCENTRATIES. X = GEMIDDELTE WAARDE, MED. = MEDIANE WAARDE, MAX. = MAXIMUMWAARDE EN MIN. = MINIMUMWAARDE

Co	Effluent IBA-3A Compactsystemen			
µg/l	X	med.	max.	min.
Periode 1	4,3	0	7,6	0
Periode 2	0	0	0	0
Periode 3	5,4	0	5,6	0
Periode 4	0	0	0	0
Co	Influent IBA-3A Helofytenfiltersystemen			
µg/l	X	med.	max.	min.
Periode 1	0	0	0	0
Periode 2	0	0	0	0
Periode 3	1,2	0	1,2	0
Periode 4	5,4	0	9,5	0
Co	Effluent IBA-3A Helofytenfiltersystemen			
µg/l	X	med.	max.	min.
Periode 1	1,0	0,4	4	0
Periode 2	2,8	0,2	20	0
Periode 3	1,7	0,0	8,7	0
Periode 4	4,9	0,0	40	0

FIGUUR 4.37 BOXPLOT WEERGAVE VAN DE CONCENTRATIE KOBALT IN HET EFFLUENT VAN IBA-3A COMPACT SYSTEMEN EN INFLUENT EN EFFLUENT VAN IBA-3A HELOFYTENFILTER SYSTEMEN. DE RODE STIP GEEFT DE GEMIDDELDE WAARDE WEER



FIGUUR 4.38 OVERZICHT KOBALTGEHALTEN IN INFLUENT EN EFFLUENT VAN IBA-3A HELOFYTENFILTERSYSTEMEN EN IN EFFLUENT IBA-3A COMPACTSYSTEMEN



4.4.7 NIKKEL

Emissie-eisen nikkel: Geen

Uitschieters

IBA-3A compact: locatie 1, locatie 3, locatie 4, locatie 5, locatie 6, locatie 7, locatie 8

IBA-3A helofyten: locatie 1, locatie 2, locatie 3, locatie 4, locatie 5, locatie 6, locatie 8, locatie 9

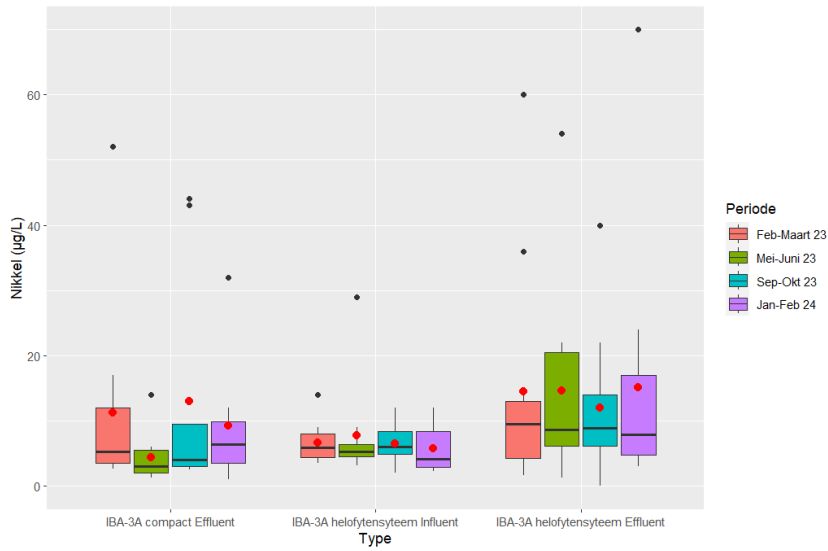
De gemiddelde, mediane en maximale nikkelconcentraties in het effluent van de IBA-3A helofytenfiltersystemen zijn duidelijk verhoogd ten opzichte van de concentraties in het influent, die op hun beurt min of meer vergelijkbaar zijn met de gehalten in het afvalwater van de IBA-3A compactsystemen.

De gemiddelde en maximumgehalten nikkel in het effluent van zowel de IBA-3A helofytenfiltersystemen als de IBA-3A compactsystemen overschrijden veelal ruim de oppervlaktewaternorm voor het jaargemiddelde (JG) en voor de maximaal aanvaardbare concentratie (MAC).

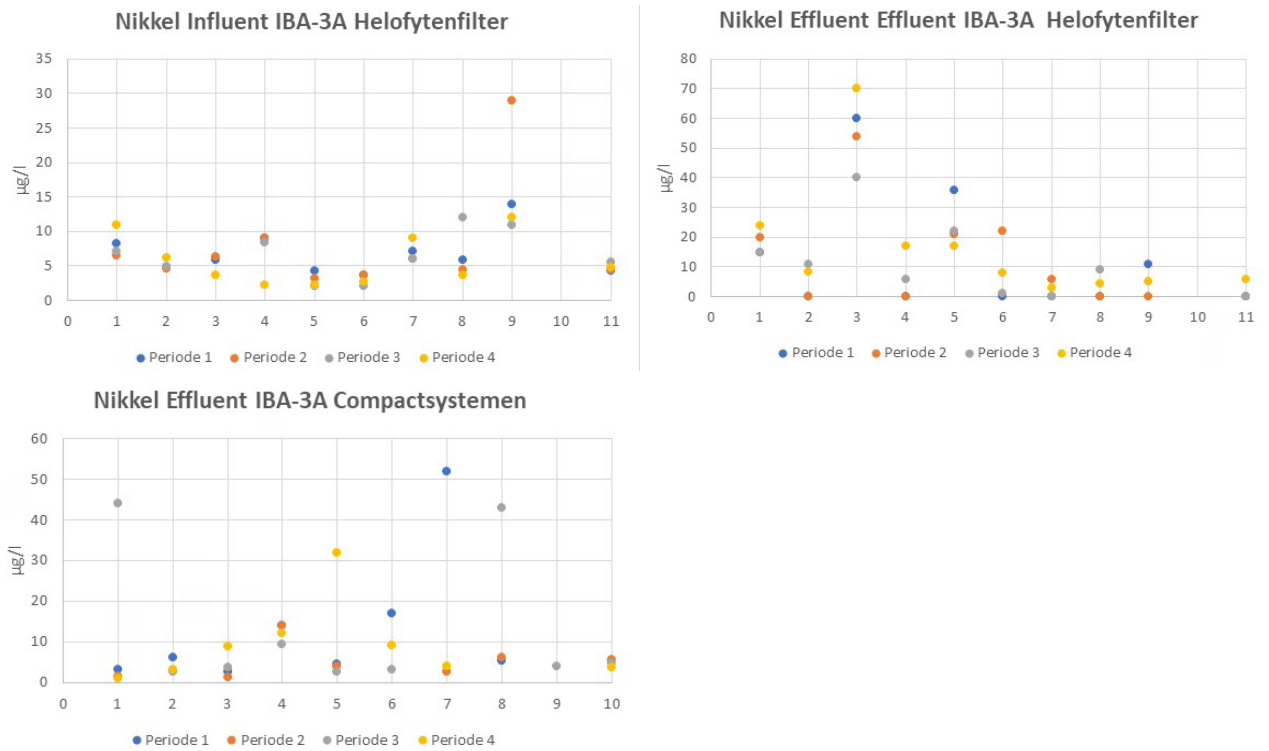
TABEL 4.22 KARAKTERISTIEKEN NIKKELCONCENTRATIES. X = GEMIDDELTE WAARDE, MED. = MEDIANE WAARDE, MAX. = MAXIMUMWAARDE EN MIN. = MINIMUMWAARDE

Ni µg/l	Effluent IBA-3A Compactsystemen			
	X	med.	max.	min.
Periode 1	13,1	5,7	52	2,7
Periode 2	3,2	3	6	0,1
Periode 3	14,1	3,9	44	2,5
Periode 4	9,3	6,5	32	1,1
Ni µg/l	Influent IBA-3A Helofytenfiltersystemen			
	X	med.	max.	min.
Periode 1	6,7	5,9	14	3,6
Periode 2	7,8	5,4	29	3,2
Periode 3	6,6	6,1	12	2
Periode 4	5,8	4,2	12	2,3
Ni µg/l	Effluent IBA-3A Helofytenfiltersystemen			
	X	med.	max.	min.
Periode 1	15,7	9,5	60	1,7
Periode 2	16	8,9	54	5,7
Periode 3	13,3	9,1	40	1
Periode 4	15,1	7,9	70	3,1

FIGUUR 4.39 BOXPLOT WEERGAVE VAN DE CONCENTRATIE NIKKEL IN HET EFFLUENT VAN IBA-3A COMPACT SYSTEMEN EN INFLUENT EN EFFLUENT VAN IBA-3A HELOFYTFILTER SYSTEMEN



FIGUUR 4.40 OVERZICHT NIKKELGEHALTEN IN INFLUENT EN EFFLUENT VAN IBA-3A HELOFYTFILTERSYSTEMEN EN IN EFFLUENT IBA-3A COMPACTSYSTEMEN



4.4.8 KOPER

Emissie-eisen koper: Geen

*Uitschieters**IBA-3A compact: locatie 1, locatie 6, locatie 7, locatie 8**IBA-3A helofyten: locatie 1, locatie 3, locatie 8, locatie 9, locatie 10*

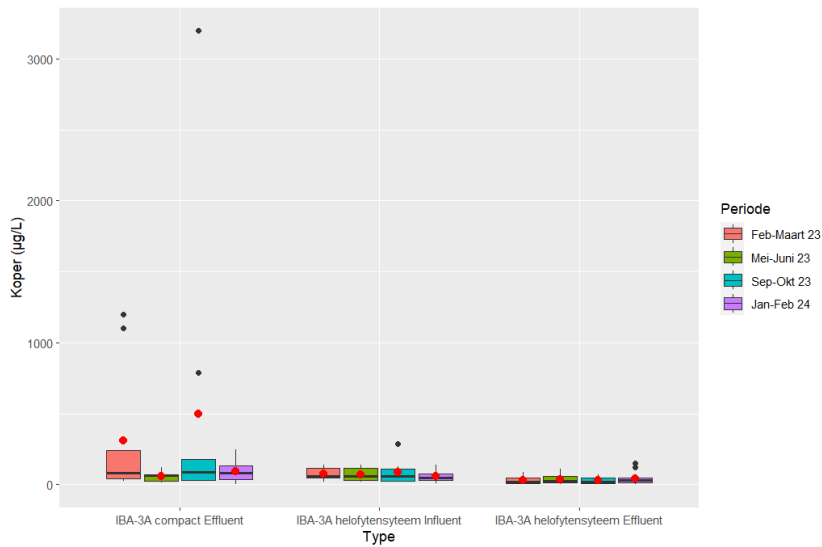
De gemiddelde, mediane en maximum koperconcentraties in het effluent van de IBA-3A helofytenfiltersystemen zijn duidelijk **verlaagd** ten opzichte van de concentraties in het influent. Ten opzichte van de IBA-3A helofytenfiltersystemen zijn de gemiddelde en mediane koperconcentraties in het afvalwater van de IBA-3A compactsystemen beduidend hoger. Meer dan incidenteel zijn zeer hoge maximumgehalten in effluenten van IBA-3A compactsystemen gemeten.

De gemiddelde en mediane en kopergehalten in de effluenten van de IBA-3A compactsystemen en IBA-3A helofytenfiltersystemen overschrijden ruim de oppervlaktewaternorm voor de Maximaal Toelaatbaar Risico (MTR).

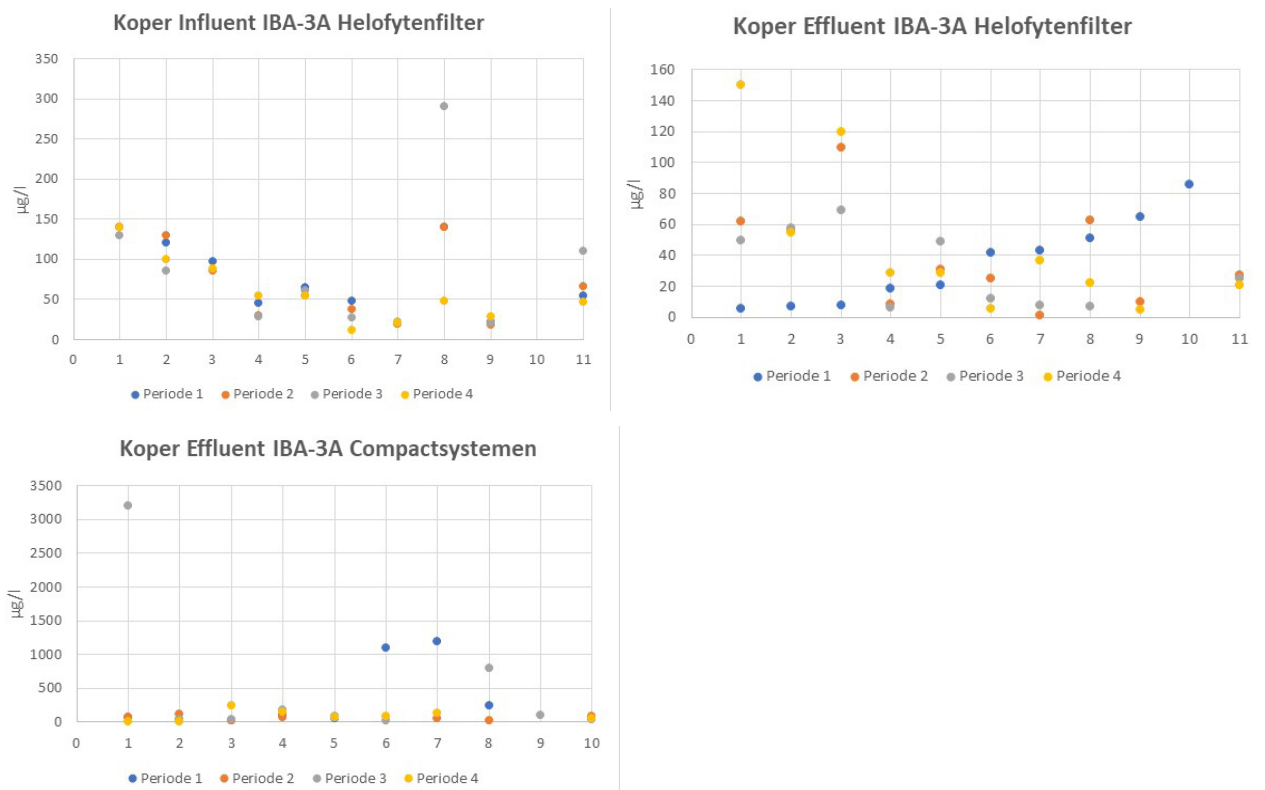
TABEL 4.23 KARAKTERISTIEKEN KOPERCONCENTRATIES. X = GEMIDDELDE WAARDE, MED. = MEDIANE WAARDE, MAX. = MAXIMUMWAARDE EN MIN. = MINIMUMWAARDE

Cu µg/l	Effluent IBA-3A Compactsystemen			
	X	med.	max.	min.
Periode 1	352	81	1200	23
Periode 2	63	65	120	28
Periode 3	558	99	3200	27
Periode 4	94	80	250	0
Cu µg/l	Influent IBA-3A Helofytenfiltersystemen			
	X	med.	max.	min.
Periode 1	75	60	140	20
Periode 2	72	60	140	18
Periode 3	86	61	290	21
Periode 4	59	51	140	11
Cu µg/l	Effluent IBA-3A Helofytenfiltersystemen			
	X	med.	max.	min.
Periode 1	35	32	86	5,7
Periode 2	39	29	110	1,3
Periode 3	3	25	69	6,6
Periode 4	47	29	150	4,6

FIGUUR 4.41 BOXPLOT WEERGAVE VAN DE CONCENTRATIE KOPER IN HET EFFLUENT VAN IBA-3A COMPACT SYSTEMEN EN INFLUENT EN EFFLUENT VAN IBA-3A HELOFYTENFILTER SYSTEMEN. DE RODE STIP GEEFT DE GEMIDDELTE WAARDE WEER



FIGUUR 4.42 OVERZICHT KOPERGEHALTEN IN INFLUENT EN EFFLUENT VAN IBA-3A HELOFYTENFILTERSYSTEMEN EN IN EFFLUENT IBA-3A COMPACTSYSTEMEN



4.4.9 ZINK

Emissie-eisen zink: Geen

Uitschieters

IBA-3A compact: locatie 1, locatie 7, locatie 8

IBA-3A helofyten: locatie1, locatie 2, locatie 3, locatie 6, locatie 8

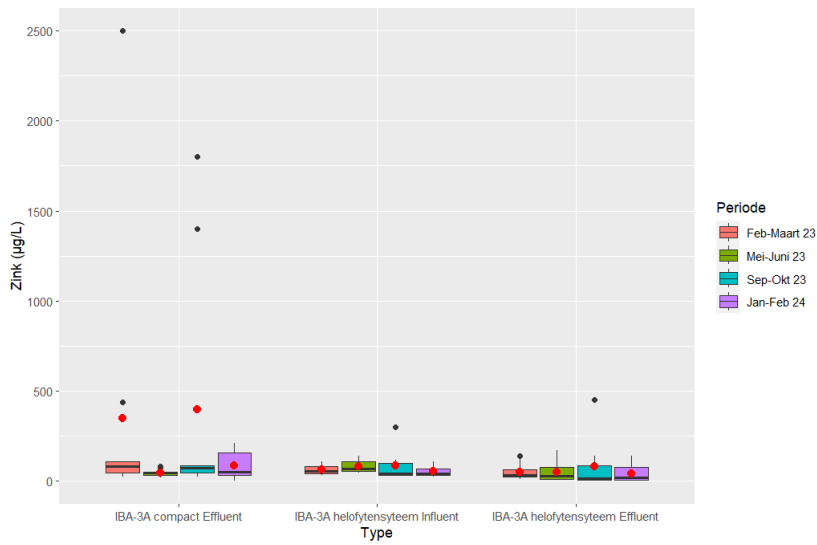
De gemiddelde en mediane zinkconcentraties in het effluent van de IBA-3A helofytenfiltersystemen zijn beperkt **verlaagd** ten opzichte van de concentraties in het influent. Ten opzichte van de IBA-3A helofytenfiltersystemen zijn de gemiddelde en mediane zinkconcentraties in het afvalwater van de IBA-3A compactsystemen beduidend hoger. Meer dan incidenteel zijn zeer hoge maximumgehalten in effluenten van IBA-3A compactsystemen gemeten.

De gemiddelde en maximumgehalten zink in het effluent van zowel de IBA-3A helofytenfiltersystemen als de IBA-3A compactsystemen **overschrijden ruim** de oppervlaktewaternorm voor het jaargemiddelde (JG) en voor de maximaal aanvaardbare concentratie (MAC).

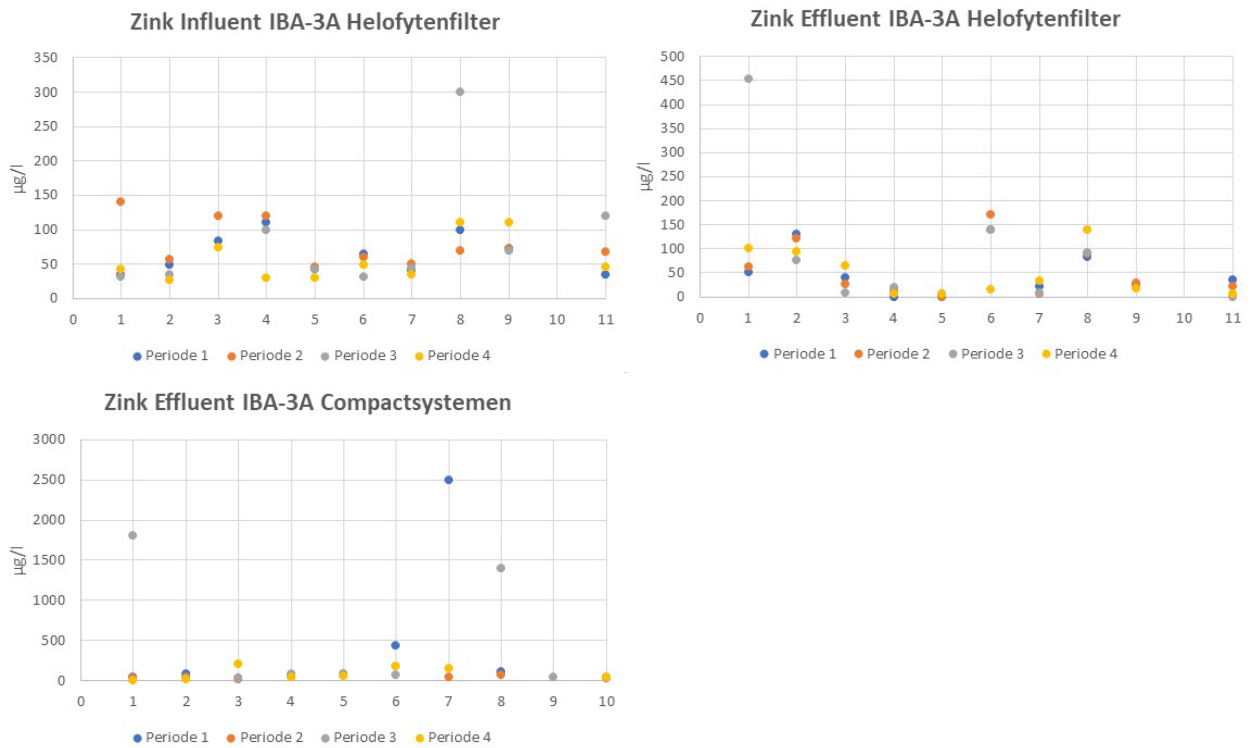
TABEL 4.24 KARAKTERISTIEKEN ZINKCONCENTRATIES. X = GEMIDDELTE WAARDE, MED. = MEDIANE WAARDE, MAX. = MAXIMUMWAARDE EN MIN. = MINIMUMWAARDE

Zn µg/l	Effluent IBA-3A Compactsystemen			
	X	med.	max.	min.
Periode 1	419	82	2500	23
Periode 2	47	47	82	21
Periode 3	443	76	1800	26
Periode 4	88	52	210	0
Zn µg/l	Influent IBA-3A Helofytenfiltersystemen			
	X	med.	max.	min.
Periode 1	63	56	110	34
Periode 2	80	69	140	45
Periode 3	86	44	300	31
Periode 4	55	44	110	26
Zn µg/l	Effluent IBA-3A Helofytenfiltersystemen			
	X	med.	max.	min.
Periode 1	53	38	140	0,1
Periode 2	54	28	170	0,3
Periode 3	90	19	453	6,5
Periode 4	48	26	140	5,6

FIGUUR 4.43 BOXPLOT WEERGAVE VAN DE CONCENTRATIE ZINK IN HET EFFLUENT VAN IBA-3A COMPACT SYSTEMEN EN INFLUENT EN EFFLUENT VAN IBA-3A HELOFYTFILTER SYSTEMEN. DE RODE STIP GEEFT DE GEMIDDELDE WAARDE WEER



FIGUUR 4.44 OVERZICHT ZINKGEHALTEN IN INFLUENT EN EFFLUENT VAN IBA-3A HELOFYTFILTERSYSTEMEN EN IN EFFLUENT IBA-3A COMPACTSYSTEMEN



4.4.10 TIN

Emissie-eisen tin: Geen

Uitschieters

IBA-3A compact: locatie 1, locatie 6, locatie 7, locatie 8

IBA-3A helofyten: locatie 11

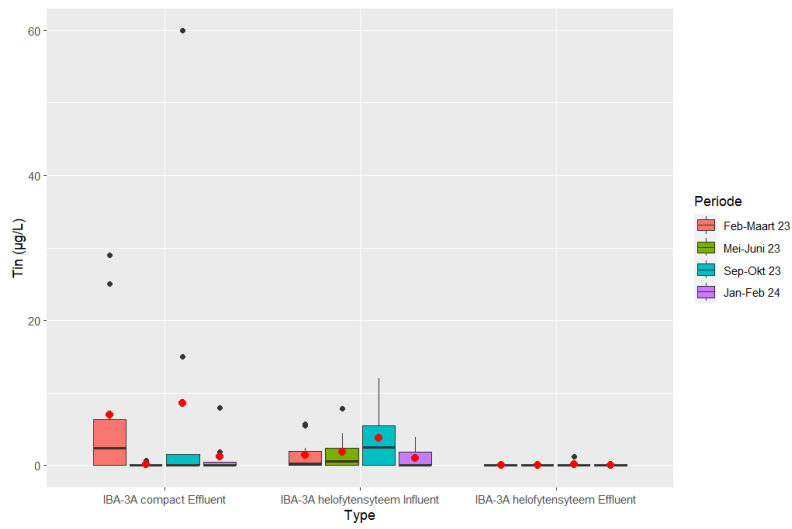
De gemiddelde, mediane en maximale tinconcentraties in het effluent van de IBA-3A helofytenfiltersystemen zijn **verlaagd** ten opzichte van de concentraties in het influent. De tin-karakteristieken van het afvalwater van de IBA-3A compactsystemen worden vooral bepaald door regelmatig voorkomende piekconcentraties, waaronder enkele extreme uitschieters.

De tinconcentraties in het afvalwater van de IBA-3A compactsystemen overschrijden de oppervlaktewaternorm voor het jaargemiddelde (JG) en incidenteel de maximaal aanvaardbare concentratie (MAC).

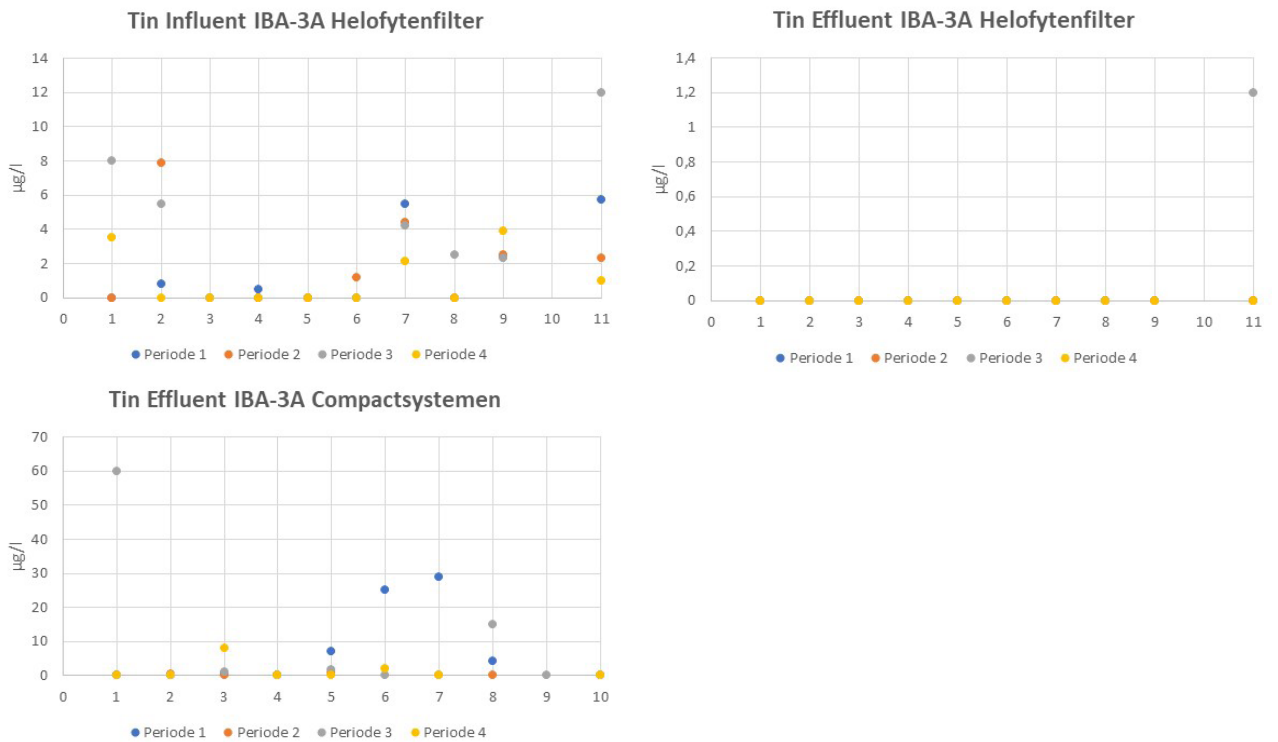
TABEL 4.25 KARAKTERISTIEKEN TINCONCENTRATIES. X = GEMIDDELDE WAARDE, MED. = MEDIANE WAARDE, MAX. = MAXIMUMWAARDE EN MIN. = MINIMUMWAARDE

Ti	Effluent IBA-3A Compactsystemen			
µg/l	X	med.	max.	min.
Periode 1	8,2	2,4	29	0
Periode 2	0,2	0	0,7	0
Periode 3	8,6	0	60	0
Periode 4	1,2	0	8	0
Ti	Influent IBA-3A Helofytenfiltersystemen			
µg/l	X	med.	max.	min.
Periode 1	1,5	0,3	5,7	0
Periode 2	1,8	0,6	7,9	0
Periode 3	3,8	2,5	12	0
Periode 4	1,1	0	3,9	0
Ti	Effluent IBA-3A Helofytenfiltersystemen			
µg/l	X	med.	max.	min.
Periode 1	0	0	0	0
Periode 2	0	0	0	0
Periode 3	0,1	0	1,2	0
Periode 4	0	0	0	0

FIGUUR 4.45 BOXPLOT WEERGAVE VAN DE CONCENTRATIE TIN IN HET EFFLUENT VAN IBA-3A COMPACT SYSTEMEN EN INFLUENT EN EFFLUENT VAN IBA-3A HELOFYTENFILTER SYSTEMEN. DE RODE STIP GEEFT DE GEMIDDELDE WAARDE WEER



FIGUUR 4.46 OVERZICHT TINGEHALTEN IN INFLUENT EN EFFLUENT VAN IBA-3A HELOFYTENFILTERSYSTEMEN EN IN EFFLUENT IBA-3A COMPACTSYSTEMEN



4.4.11 BARIUM

Emissie-eisen barium: Geen

*Uitschieters**IBA-3A compact: locatie 1, locatie 2, locatie 6, locatie 7, locatie 8**IBA-3A helofyten: locatie 1, locatie 4, locatie 7*

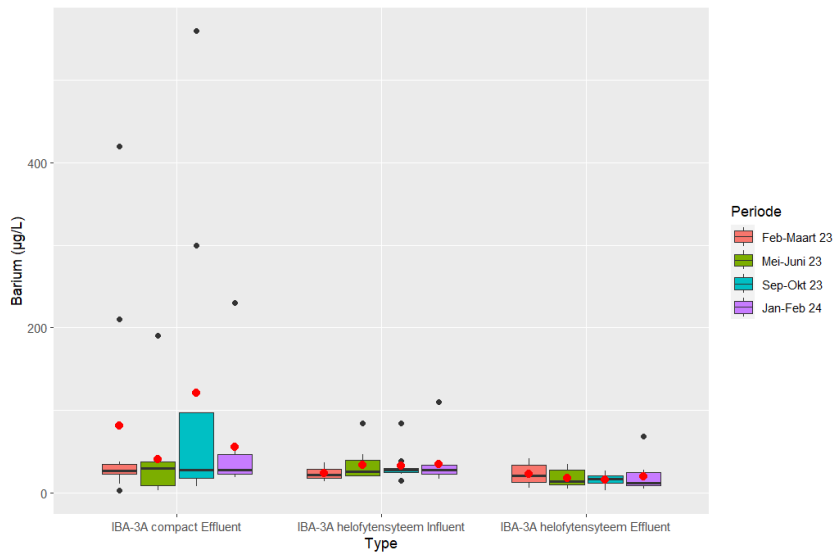
De bariumconcentraties in het effluent van de IBA-3A helofytenfiltersystemen zijn beperkt verlaagd ten opzichte van de concentraties in het influent. Ten opzichte van de IBA-3A helofytenfiltersystemen zijn de gemiddelde en mediane tinconcentraties in het afvalwater van de IBA-3A compactsystemen beduidend hoger. Meer dan incidenteel zijn zeer hoge tinge-halten in het effluent van IBA-3A compactsystemen gemeten.

Meer dan incidenteel overschrijden tinconcentraties in het afvalwater van de IBA-3A compactsystemen de maximaal aanvaardbare concentratie (MAC).

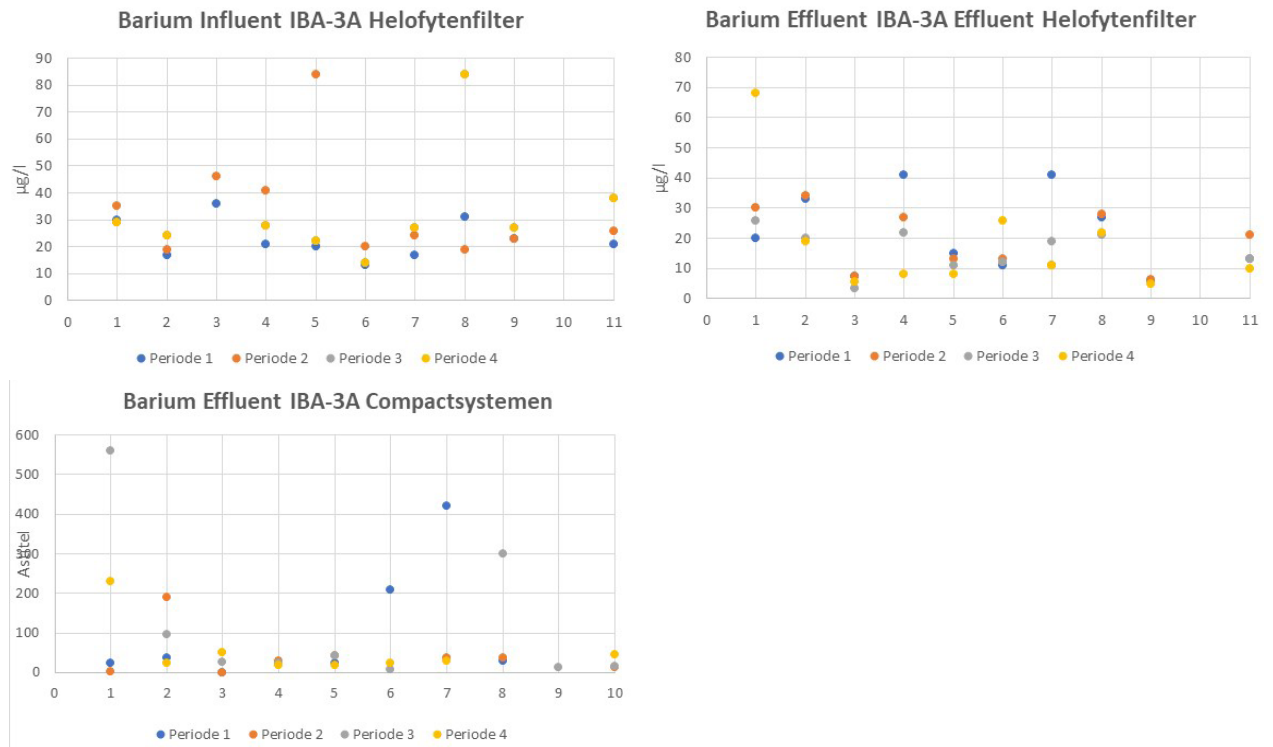
TABEL 4.26 KARAKTERISTIEKEN BARIUMCONCENTRATIES. X = GEMIDDELTE WAARDE, MED. = MEDIANE WAARDE, MAX. = MAXIMUMWAARDE EN MIN. = MINIMUMWAARDE

Ba µg/l	Effluent IBA-3A Compactsystemen			
	X	med.	max.	min.
Periode 1	96	27	420	3
Periode 2	44	33	190	2
Periode 3	121	27	560	8
Periode 4	55	27	230	18
Ba µg/l	Influent IBA-3A Helofytenfiltersystemen			
	X	med.	max.	min.
Periode 1	23	21	36	13
Periode 2	34	25	84	19
Periode 3	44	27	84	14
Periode 4	35	28	110	16
Ba µg/l	Effluent IBA-3A Helofytenfiltersystemen			
	X	med.	max.	min.
Periode 1	21	18	41	6
Periode 2	19	17	34	6
Periode 3	16	19	26	3
Periode 4	18	10	68	5

FIGUUR 4.47 BOXPLOT WEERGAVE VAN DE CONCENTRATIE BARIUM IN HET EFFLUENT VAN IBA-3A COMPACT SYSTEMEN EN INFLUENT EN EFFLUENT VAN IBA-3A HELOFYTENFILTER SYSTEMEN. DE RODE STIP GEEFT DE GEMIDDELDE WAARDE WEER



FIGUUR 4.48 OVERZICHT BARIUMGEHALTEN IN INFLUENT EN EFFLUENT VAN IBA-3A HELOFYTENFILTERSYSTEMEN EN IN EFFLUENT IBA-3A COMPACTSYSTEMEN



4.4.12 LOOD

Emissie-eisen lood: Geen

Uitschieters

IBA-3A compact: locatie 1, locatie 6, locatie 7, locatie 8

IBA-3A helofyten: locatie 1, locatie 3, locatie 6, locatie 7, locatie 8

De gemiddelde en maximale loodconcentraties in het effluent van de IBA-3A helofytenfiltersystemen zijn **verlaagd** ten opzichte van de concentraties in het influent. Ten opzichte van de IBA-3A helofytenfiltersystemen zijn de gemiddelde, mediane en maximale zinkconcentraties in het afvalwater van de IBA-3A compactsystemen beduidend hoger. Meer dan incidenteel zijn zeer hoge maximumgehalten in effluenten van IBA-3A compactsystemen gemeten.

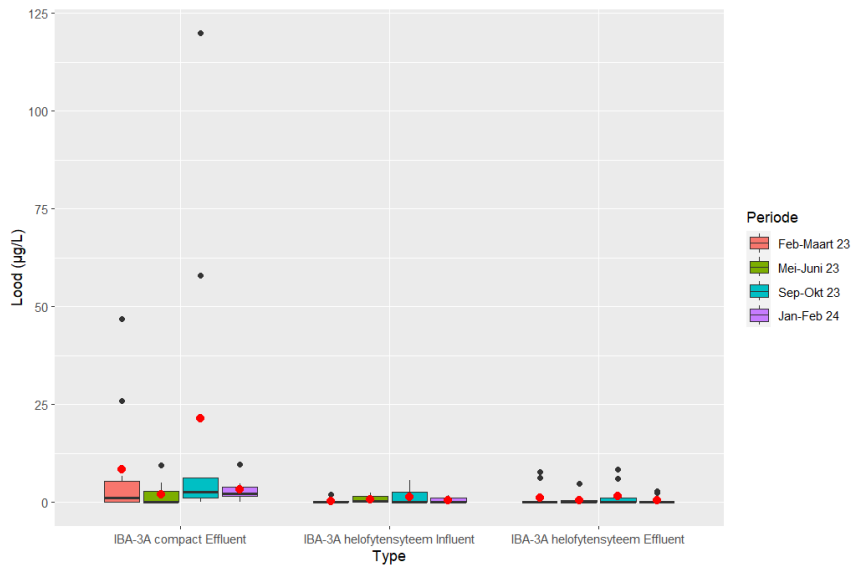
De gemiddelde en maximumgehalten lood in het effluent van de IBA-3A compactsystemen **overschrijden** respectievelijk ruim de oppervlaktewaternorm voor het jaargemiddelde (JG) en regelmatig voor de maximaal aanvaardbare concentratie (MAC).

TABEL 4.27

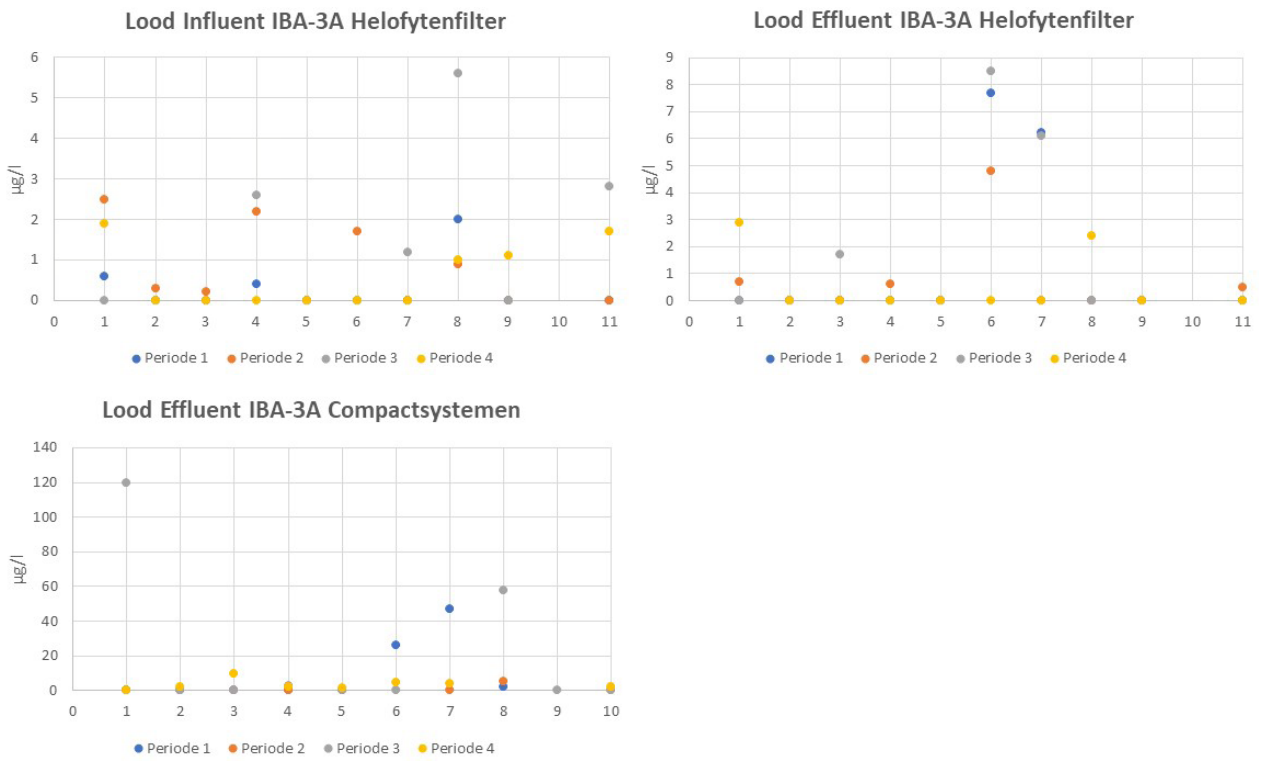
KARAKTERISTIEKEN LOODCONCENTRATIES X = GEMIDDELTE WAARDE, MED. = MEDIANE WAARDE, MAX. = MAXIMUMWAARDE EN MIN. = MINIMUMWAARDE

Pb µg/l	Effluent IBA-3A Compactsystemen			
	X	med.	max.	min.
Periode 1	10,3	1,2	47	0
Periode 2	2,0	0	9,6	0
Periode 3	24,1	3,0	120	0
Periode 4	3,2	2,2	9,8	0
Pb µg/l	Influent IBA-3A Helofytenfiltersystemen			
	X	med.	max.	min.
Periode 1	1,4	0	7,7	0
Periode 2	0,7	0	4,8	0
Periode 3	1,8	0	8,5	0
Periode 4	0,5	0	0	0
Pb µg/l	Effluent IBA-3A Helofytenfiltersystemen			
	X	med.	max.	min.
Periode 1	0,3	0	2	0
Periode 2	0,3	0	2	0
Periode 3	1,4	0	5,6	0
Periode 4	0,6	0	1,9	0

FIGUUR 4.49 BOXPLOT WEERGAVE VAN DE CONCENTRATIE LOOD IN HET EFFLUENT VAN IBA-3A COMPACT SYSTEMEN EN INFLUENT EN EFFLUENT VAN IBA-3A HELOFYTENFILTER SYSTEMEN. DE RODE STIP GEEFT DE GEMIDDELDE WAARDE WEER



FIGUUR 4.50 OVERZICHT LOODGEHALTEN IN INFLUENT EN EFFLUENT VAN IBA-3A HELOFYTENFILTERSYSTEMEN EN IN EFFLUENT IBA-3A COMPACTSYSTEMEN



4.4.13 OVERIGE METALEN

Monitoringsdata van de overige gemeten metalen (antimoon, cadmium, kwik, molybdeen, strontium, telluur, thallium, vanadium en zilver) zijn te raadplegen op www.sanimonitor.nl.

4.4.14 ZUIVERINGSRENDEMENT METALEN

Ten opzichte van de concentraties in het afvalwater van de voorbuffer zijn de concentraties van de metalen antimoon, arseen, cadmium, kobalt, mangaan, molybdeen, strontium en vanadium veelal verhoogd in het afvalwater van de aan de voorbuffers gekoppelde helofytenfilters. Daarentegen zijn de gehalten van aluminium, barium, chroom, koper, lood, tin en zink veelal lager na het passeren van de helofytenfilters.

Gesommeerd varieert het zuiveringsrendement voor metalen in de vier meetperioden tussen -89% en +38%. Deze verschillen in zuiveringsprestaties worden vooral beïnvloed door massaverschuivingen van een aantal in gewicht dominante metalen, met name ijzer, strontium en aluminium en in mindere mate mangaan, zink en molybdeen.

TABEL 4.28 ZUIVERINGSRENDEMENT VOOR METALEN IBA-3A HELOFYTENFILTERSYSTEMEN

Metalen (µg/l)	Gemiddelde concentratie influent				Gemiddelde concentratie effluent				Rendement verwijdering metalen			
	Periode 1	Periode 2	Periode 3	Periode 4	Periode 1	Periode 2	Periode 3	Periode 4	Periode 1	Periode 2	Periode 3	Periode 4
Aluminium	341	363	855	300	198	170	106	138	41,9	53,2	82,8	54,0
Antimoon	0	0	0,2	0	0,1	0,6	0,7	0,2	-10%	-60%	-250%	-20%
Arseen	0,6	0,6	0,2	0,8	2,2	8,7	7,3	2,4	-267%	-1350%	-3400%	-200%
Barium	23	34	44	35	21	19	16	18	9%	44%	64%	49%
Beryllium	0	0	0	0	1	1	0	0	-100%	-100%	0%	0%
Cadmium	0,1	0,1	0,1	0	0,3	0,8	0,1	0,1	-200%	-700%	0%	-10%
Chroom	3,3	5,1	1,7	2,5	1,4	0,1	0,5	0,5	56%	98%	71%	80%
Ijzer	278	278	290	659	1.075	402	106	309	-287%	-45%	63%	53%
Kobalt	0	0,1	0,3	1,1	0,5	1,0	1,9	4,9	-50%	-900%	-533%	-345%
Koper	75	72	0	59	35	39	3	47	53%	46%	-300%	20%
Kwik	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	0%	0%	0%
Lood	1,4	0,7	1,8	0,5	0,3	0,3	1,4	0,6	79%	57%	22%	-20%
Mangaan	29	34	38	69	71	161	117	152	-145%	374%	-208%	-120%
Molybdeen	0,8	0,6	0,8	0,3	0	631	2,1	1	100%	-105%	-163%	-233%
Nikkel	6,7	7,8	6,6	5,8	15,7	16	13,3	15,1	-134%	-105%	-102%	-160%
Strontium	178	289	238	238	421	476	501	295	-137%	-65%	-111%	-24%
Telluur	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	0%	0%	0%
Thallium	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	0%	0%	0%
Tin	1,5	1,8	3,8	1,1	0	0	0,1	0	100%	100%	97%	100%
Vanadium	0,8	0	0,8	2,2	1,5	1,6	2,4	2,4	-88%	-160%	-200%	-9%
Zilver	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	0%	0%	0%
Zink	63	80	86	55	53	54	90	48	16%	33%	-5%	13%
Totale hoeveelheid	1.002	1.167	1.567	1.429	1.896	1.982	969	1.034				
Rendement					-89%	-70%	38%	28%				

4.5 ZUIVERINGSRENDEMENT IBA-3A HELOFYTENFILTERS VOOR GENEESMIDDELEN

Bij één IBA-3A helofytenfilter locatie zijn de concentraties van 32 (resten van) medicijnen gemeten van zowel het effluent als het influent.

Gemiddeld wordt circa 95% van de totale gewichtshoeveelheid (resten van) medicijnen (eenheid µg/l) verwijderd. Van een vijftal stoffen zijn meer of minder incidenteel hogere gehalten in het effluent gemeten dan in het influent van de bemonsterde IBA-3A helofytenfilter en wel (1) trans 10,11-dihydroxy-10,11dihydrocarbazepine (PM), irbesartan (bloeddrukverlager), oxasepam (kalmerings-middel), sotalol (bètablokker) en sulfamethoxazol (antibioticum).

Het is overigens de vraag of in het geval van medicijnen wel van verwijderingsrendement kan worden gesproken.

De waarden kunnen van uur tot uur en van dag tot dag sterk wisselen. Bovendien zit In de IBA's altijd een zekere mate van vertraging tussen het moment van binnenkomen en verlaten van het afvalwater. Zo kan het vijf dagen duren voordat het op de IBA geloosde afvalwater (influent) gezuiverd de IBA verlaat (effluent).

TABEL 4.29 CONCENTRATIES MEDICIJNRESTEN IN µG/L

Medicijn (in µg/l)	influent	influent	influent	influent	effluent	effluent	effluent	effluent
	1	2	3	4	1	2	3	4
Pijnstillers, ontstekingsremmers en reumamiddelen								
Ibuprofen	0	0	3,6	4,9	0,7	0	0	2,3
diclofenac	0,05	0	3,4	5,1	0,05	0	0	0,56
naproxen	160	180	130	98	7,1	1,2	0,42	4,7
2-hydroxyibuprofen	6,6	2,5	9,3	23	5,3	0,53	0,88	55
Pijnstillers								
paracetamol	1700	760	1800	2200	4,1	0,2	0	0
lidocaine	2,2	0	0	0	2,1	0,29	0,03	0,01
fenazon (antipyrine)	0	0	0	0	0,02	0	0	0
Spijvertering, diabetes								
Metformine	400	490	390	260	29	2,3	2,1	2,9
Hart en vaatmiddelen								
atenolol	0,12	0,07	0,18	0,077	0,05	0,03	0,03	0,02
metoprolol	19	14	12	18	2,5	2,3	1,1	1,7
losartan	1,1	1,2	1,6	2,3	0,15	0,07	0,06	0,27
irbesartan	2,5	0,17	1	0,4	4,3	1,7	1	0,76
furosemide	39	54	20	15	23	7,1	3,6	4,6
sotalol	0,13	1,4	1,7	0,57	0,33	0,38	0,39	0,41
dipyridamol	0,7	19	0	0	0	0	0	0
valsartan	0	0	0,06	0	0,02	0,01	0	0,01
Antibiotica								
trimethoprim	1,2	13	2,9	0	0,05	0,38	0,31	0,13
ciprofloxacine	3,6	0	0	0	0	0	0	0
acetylsulfamethosazole	0,98	63	5,4	0	0,83	3,5	0,34	0
miconazol	0,054	0,042	0,13	0,044	0	0	0	0
fluconazol	0	0	0	0	0,06	0,009	0	0
Rustgevend, antidepressiva								
oxazepam	6,3	11	16	12	7,6	8,7	7,3	12
pipamperon	2	0,73	0	0,06	0	0	0	0
jorneprol	0	0	0	97	0	0	0	100
citalopram	0	1,6	1,7	0	0	0	0	0
venlafaxine	0	0,34	0,07	0	0,01	0,02	0,02	0,04
quetiapine	0,84	0,95	0	0,61	0	0	0	0
Levetiracetam	0	0	0,02	120	0	0	0	24
Carbamezapine	0	0	0	0	0,06	0,09	0,13	0
trans-10,11-dihydroxy-10,11dihydrocarbapine	0,83	3,4	0,94	0,71	1,3	1,3	0,92	1,2
sulfamethoxazol	1,2	18	7,4	0	6,3	56	19	0,1
desvenlafaxine	0	1,8	0,54	0	0,061	0,043	0,23	0,14
Totaal hoeveelheid geneesmiddel (µg/l)	2348,404	1636,202	2407,94	2857,771	94,991	86,152	37,86	210,85
Aantal geneesmiddelen	32	32	32	32	32	32	32	32
Zuiveringsrendement					96,0%	94,7%	98,4%	92,6%



5

EVALUATIE, CONCLUSIES, AANBEVELINGEN

5.1 EVALUATIE

Onderwerp van deze studie zijn IBA's (Individuele Behandeling van Afvalwater). Een IBA is een systeem dat het huishoudelijk afvalwater van één huishouding zuivert op plekken waar geen riool is. Het afvalwater vanuit een IBA kan worden geloosd op het oppervlaktewater of op de bodem. Dit onderzoek is beperkt tot IBA's die lozen op het oppervlaktewater, waarbij de volgende vragen centraal staan:

- Hoe groot zijn de emissies vanuit de IBA's?
- Is er verschil in emissie van de verschillende IBA-systemen?
- Hoe groot is het zuiveringsrendement van IBA-3A helofytenfiltersystemen?
- Wat zijn de risico's voor het ontvangend oppervlaktewater?

Een drietal typen IBA-systemen zijn opgenomen in dit onderzoek: IBA-1A (15 locaties), IBA-3A compactsystemen (10 locaties) en IBA-3A helofytenfiltersystemen (11 locaties). IBA-1 systemen zijn gericht op verwijderen van zwevende deeltjes, een groot deel van het organisch materiaal (BZV) en van de stikstof en fosfor wordt niet verwijderd. IBA-3A systemen verwijderen organisch materiaal door oxidatie en bovendien een deel van de stikstof. De IBA-1A en IBA-3A compactsystemen dateren uit circa 2005, de onderzochte IBA-3A helofytenfiltersystemen zijn verspreid aangelegd in de periode 2000 – 2022.

Uitgezonderd één locatie zijn alle IBA-systemen gekoppeld aan een individuele huishouden met een maximale omvang van 5 i.e. 's. De effluentkwaliteit van deze systemen hangt samen met de aanvoer van het huishoudelijk afvalwater (volumes en concentraties van verontreinigende stoffen), het betreffende IBA-type en het beheer en onderhoud hiervan.

Wat zijn de belangrijkste bevindingen?

5.1.1 BIJZONDERHEDEN BIJ BEMONSTERING

Een aantal locaties hadden bijzonderheden met het bemonsteren wat uitschieters in de data kan verklaren. Deze locaties zijn hieronder toegelicht.

IBA-1

Locatie 5: De IBA was alleen te bemonsteren vanuit de sloot, waardes zijn mogelijk niet presentabel voor het effluent.

Locatie 12: De IBA was alleen te bemonsteren vanuit de sloot, waardes zijn mogelijk niet presentabel voor het effluent.

IBA-3A compact

Locatie 1: IBA functioneerde niet goed.

Locatie 6: IBA heeft een storing gehad ten tijde van de 4^e meetperiode.

Locatie 7: IBA was geleidigd tussen periode 2 en 3. Dit is echter niet correct gebeurd waardoor de waardes voor periode 3 en 4 slecht zijn gebleven.

Locatie 8: IBA functioneerde niet goed en moet in zijn geheel vervangen worden.

Locatie 9: IBA functioneerde niet goed

IBA-3A helofytenfilter

Locatie 7: IBA functioneerde niet goed in de 1^e meetperiode. Met enkele aanpassingen ging de IBA beter functioneren in de volgende meetperiodes.

5.1.2 EMISSIES ORGANISCHE VERBINDINGEN

Op basis van de gemiddelde en mediane gehalten organische verbindingen in het afvalwater, maar ook ten opzichte van de geldende normen, presteert het type IBA-3A helofytensysteem veruit het best. Daarentegen functioneren ten opzichte van de IBA-3A helofytenfiltersystemen een aantal IBA-3A compactsystemen ondermaats, met meer dan incidenteel hoge tot zeer hoge concentraties van verschillende organische verbindingen, resulterend in hoge gemiddelde gehalten én in grote verschillen tussen de gemiddelde en mediane waarden. De IBA-1 systemen voldoen voor wat betreft BZV en CZV aan de lozingseisen, maar hebben moeite om aan de eis voor zwevend stof te voldoen.

Met betrekking tot het presteren van IBA-3A compactsystemen past de volgende nuancering. Het hier geschetste algemene beeld is sterk beïnvloed door uitschieters van een aantal onvoldoende onderhouden IBA's. Dit laat zien dat met name IBA-3A compactsystemen goed onderhouden dienen te worden om ze goed te laten werken. IBA-3A compactsystemen laten een goede effluent kwaliteit zien wanneer dit systeem goed werkt. Echter zijn deze systemen gevoelig voor slecht onderhoud en storingen.

TABEL 5.1 GEMIDDELDE EMISSIE ORGANISCHE STOFFEN VANUIT DE DRIE VERSCHILLENDE TYPEN IBA-SYSTEMEN. N = AANTAL METINGEN, NORM = LOZINGSNORM

IBA-systeem	n	BZV (mgO ₂ /l)			CZV (mgO ₂ /l)			ZS (mg/l)			org-N (mg/l)		
		norm	gemiddeld	mediaan	norm	gemiddeld	mediaan	norm	gemiddeld	mediaan	norm	gemiddeld	mediaan
IBA-1A	49	< 250	144	120	< 750	370	340	< 70	100	63	-	20	8
IBA-3A compact	35	< 40	115	7	< 200	851	95	< 60	462	57	-	48	5
IBA-3A helofytenfilter	41	< 40	2	2	< 200	37	33	< 60	9	5	-	1	1

5.1.3 EMISSIES STIKSTOF- EN FOSFORVERBINDINGEN

In het afvalwater van IBA-1 systemen is ammonium veruit de dominantste stikstofverbinding, gevolgd door organisch gebonden stikstof. De dominante stikstofvorm in het afvalwater van de IBA-3A compactsystemen wisselt sterk. Idealiter vormt de nitraat de belangrijkste stikstof-

component, echter meer dan incidenteel is ammonium of organische gebonden stikstof de dominante stikstofverbinding.

In het afvalwater van het merendeel van de IBA-3A helofytenfiltersystemen is nitraat veruit de dominantste stikstofverbinding. Op een drietal locaties is ammonium of organisch gebonden stikstof de dominante stikstofcomponent.

Van de 10 IBA-3A compactsystemen voldoen er 2 (20%) aan de emissie-eis van ≤ 4 mg/l voor ammonium en 4 (40%) aan de emissie-eis van < 60 mgN/l voor totaal-stikstof. Van de 11 IBA-3A helofytenfiltersystemen voldoen er 7 (64%) aan de lozingseis van ≤ 4 mg/l voor ammonium en 7 (64%) aan de lozingseis van < 60 mg/l voor totaal-stikstof.

De verschillen in effluentkwaliteit van de drie IBA-systemen voor wat betreft stikstofverbindingen zijn voor een belangrijk deel terug te voeren naar verschillen in zuiveringsprocessen, die ontwerpafhankelijk zijn. Zo vindt de omzetting van ammonium (NH_4) naar nitraat (NO_3) door het proces van nitrificatie niet of nauwelijks plaats in een IBA-1 systeem en wel – mits goed functionerend - in IBA-3A systemen. Het proces van denitrificatie, waarbij stikstof wordt omgezet in stikstofgas dat vervolgens verdwijnt naar de atmosfeer, vindt waarschijnlijk alleen plaats in IBA-3A helofytenfiltersystemen.

De totaal-fosforgehalten in het afvalwater van de IBA-1 systemen en IBA-3A compactsystemen zijn min of meer vergelijkbaar. Vermoedelijk vindt in deze systemen nauwelijks fosfaatverwijdering plaats. Daarentegen zijn na passage door het filtersysteem de totaal-fosforgehalten in het effluent van de IBA-3A helofytenfiltersystemen duidelijk verlaagd.

TABEL 5.2 GEMIDDELDE EMISSIE STIKSTOF- EN FOSFORVERBINDINGEN VANUIT DE DRIE VERSCHILLENDE TYPEN IBA-SYSTEMEN. N = AANTAL METINGEN, NORM = LOZINGSNORM

IBA-systeem	n	NH_4 (mg/l)			NO_3 (mg/l)			Ntot (mg/l)			Ptot (mg/l)		
		norm	gemiddeld	mediaan	norm	gemiddeld	mediaan	norm	gemiddeld	mediaan	norm	gemiddeld	mediaan
IBA-1A	49	-	98	75	-	0,2	0	-	110	82	-	12,2	9,8
IBA-3A compact	35	≤ 4	28	6	-	16,4	6,5	< 60	46,5	41	-	13,2	9,4
IBA-3A helofytenfilter	41	≤ 4	6	2	-	46,5	41	< 60	54	45	-	4,5	3,8

5.1.4 EMISSIES METALEN

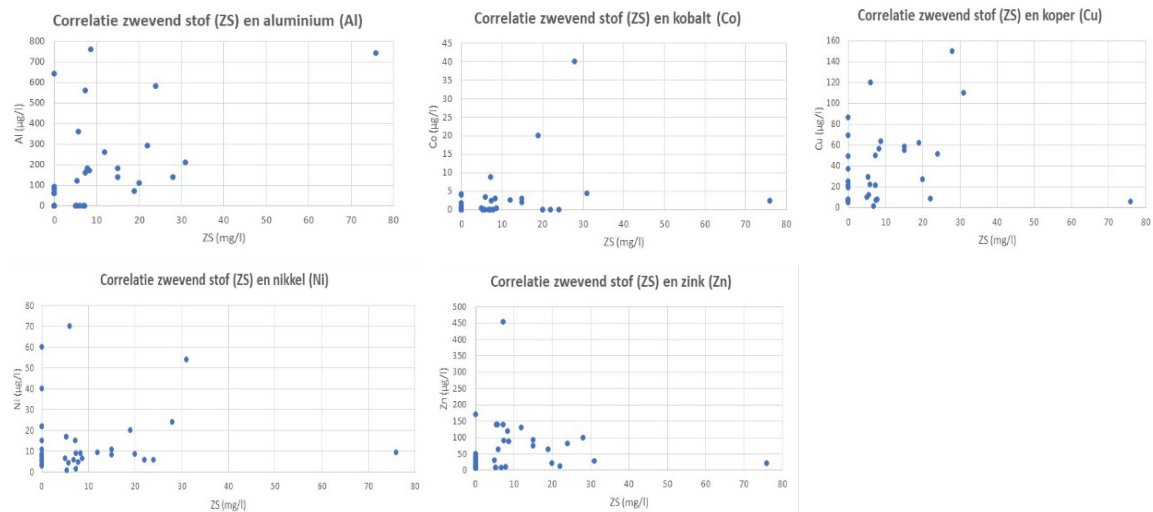
Metingen naar metalen zijn alleen uitgevoerd in het effluent van de IBA-3A compactsystemen en in het influent en effluent van de IBA-3A helofytenfiltersystemen. In totaal is een analyse uitgevoerd op 22 metalen. Hiervan zijn een tweetal, telluur en thallium, in geen enkele meting aangetroffen. Wat valt verder op?

TABEL 5.3 MILIEUKWALITEITSNORMEN (MKN) OPPERVLAKTewater EN GEMIDDELDE EN MAXIMUM GEHALTEN ZWARE METALEN IN EFFLUENT IBA-3A COMPACTSYSTEMEN EN INFLUENT EN EFFLUENT IBA-3A HELOFYTENFILTERSYSTEMEN JG = JAARGEMIDDELDE, MAC = MAXIMAAL AANVAARBARE CONCENTRATIE, MTT = MAXIMAAL TOELAATBARE TOEVOEGING EN MTR = MAXIMAAL TOELAATBAAR RISICO. * OP BASIS VAN GANGBARE HARDHEID OPPERVLAKTewater

Stof (µg/l)	Milieukwaliteitsnormen oppervlaktewater				IBA-3A Compact		IBA-3A Helofytenfilter			
	op basis van opgeloste concentraties				op basis van totaal-concentraties					
	JG-MKN	MAC-MKN	Ad hoc MTT	Ind. MTR	Effluent		Influent		Effluent	
					gemiddeld	maximum	gemiddeld	maximum	gemiddeld	maximum
Aluminium			12		1944	23000	455	3200	154	760
Antimoon	5,6	200			0,5	4,8	0,05	1,7	0,39	5,5
Arseen	0,5	8			1	45	0,46	3,3	5,1	10
Barium	93	1100			80	560	30,9	110	18,8	68
Cadmium	0,25*	1,5*			0,7	2,6	0,08	1	0,3	3
Chroom	3,4				11,9	150	3,2	31	0,6	3,3
IJzer			96		2283	12000	412	2500	482	8700
Kobalt	0,2	1,36			0,6	7,6	0,4	9,5	2,7	8,7
Koper	2,4				260	3200	73	290	38	150
Kwik	0,00007	0,07			0,1	0,7	0	0,1	0	0
Lood	1,2	14			9,7	120	0,7	5,6	1,1	8,5
Mangaan				31	90,1	560	43	250	122	1200
Molybdeen	136	340			3,4	34	0,6	7,3	163	6300
Nikkel	4,49	8			10,1	52	6,7	9,1	15,4	60
Strontium				56	307	1500	236	800	421	1400
Telluur					0	0	0	0	0	0
Thallium	0,05	0,76			0	0	0	0	0	0
Tin	0,6	36			4,7	60	2	7,9	0	1,2
Vanadium	3,5				1,8	20	1	5,9	2	7,5
Zilver	0,01	0,01			1,5	21	0	0	0	0
Zink	7,8	15,6			243	2500	71	300	61	453

- Ten opzichte van de vigerende milieukwaliteitsnormen voor oppervlaktewater (bron: www.rvszoekstelsysteem.rivm.nl) zijn voor verschillende metalen hoge tot extreem hoge gemiddelde en/of maximumwaarden gemeten in de afvalwaterstromen van de IBA-3A compactsystemen en IBA-3A helofytenfiltersystemen, waaronder aluminium, kobalt, koper, nikkel en zink. Hierbij past de kanttekening dat milieukwaliteitsnormen gelden voor de opgeloste concentraties. Daarentegen zijn de metalen in dit onderzoek gemeten als water-totaal, dus inclusief de aan zwevend stof gebonden fracties. Onderstaande figuren geven een indruk van de correlaties tussen de concentraties gemeten zwevend stof en aluminium, kobalt, koper, nikkel en zink in het effluent van de IBA-3A helofytenfiltersystemen. Er blijkt niet of nauwelijks een statistisch verband te zijn. De concentraties zwevend stof in het effluent van de helofytenfiltersystemen zijn overwegend laag (< 30 mg/l). Dit zou er op kunnen wijzen dat gemeten water-totaal concentraties metalen vooral in opgeloste vorm in het effluent aanwezig zijn.

FIGUUR 5.1 CORRELATIEDIAGRAMMEN VAN CONCENTRATIES ZWEEVEND STOF EN ACHTEREENVOLGENS ALUMINIUM, KOBALT, KOPER, NIKKEL EN ZINK IN EFFLUENT IBA-3A HELOFYTENFILTERSYSTEMEN



- Ten opzichte van het influent zijn na passage door het filter de gemiddelde en maximumgehalten van een aantal metalen verlaagd in het effluent van de IBA-3A helofytenfiltersystemen, waaronder aluminium, chroom en koper.
- Daarentegen zijn de gemiddelde en maximumgehalten van een aantal metalen in het effluent van de helofytenfiltersystemen verhoogd, en soms zelfs extreem, ten opzichte van de gehalten in het influent, waaronder arseen, molybdeen en strontium.
- Opvallend zijn ten opzichte van zowel het influent als effluent van de helofytenfiltersystemen de hoge gemiddelde gehalten, mede bepaald door extreme uitschieters van ijzer, koper, lood en zink in het effluent van IBA-3A compactsystemen.

5.1.5 ZUIVERINGSRENDEMENT IBA-3A HELOFYTENFILTERSYSTEMEN

Voor 10 IBA-3A helofytenfilters is het influent – de afvoer van de voorbezinktank – en het effluent bemonsterd, waardoor het zuiveringsrendement van de helofytenfilter kan worden berekend. Tabel 4.4 geeft het overall beeld van de werking van deze helofytenfiltersystemen. Te zien is dat de helofytenfiltersystemen goed tot zeer goed functioneren in de retentie van organische verbindingen, ammonium en medicijnresten. Daarentegen is de verhoogde totaal-metalenlast in het effluent opvallend. De zuiveringsprestaties voor metalen en ook voor medicijnresten worden vooral beïnvloed door massa-verschuivingen van een aantal in gewicht dominante verbindingen, bij metalen met name strontium, ijzer, mangaan, nikkel en aluminium en bij de groep van medicijnresten met name paracetamol, naproxen en metformine.

De mate van verwijdering van totaal-stikstof door processen als denitrificatie, adsorptie en opname door planten verschilt per locatie en kan op een locatie, vermoedelijk vooral door fluctuaties in de aanvoer, bovendien sterk verschillen in de tijd. Gemiddeld schommelt het stikstofverwijderingspercentage rond de 40% en varieert tussen 91% (locatie 6) en -14% (locatie 1). Het negatieve rendement van locatie impliceert dus dat hier meer stikstof is 'geproduceerd' dan dat is verwijderd.

Ook de mate van fosforverwijdering verschilt sterk tussen de IBA's. Twee IBA's verwijderen fosfor meer dan 85%, daarentegen zijn er ook twee IBA's met maximaal 35% fosforverwijdering. Gemiddeld schommelt het fosforverwijderingspercentage rond de 50%.

TABEL 5.4 ZUIVERINGSRENDEMENT IBA-3A HELOFYTENFILTERSYSTEMEN VOOR VERSCHILLENDE STOFGROEPEN, 10 LOCATIES GESOMMEERD OP BASIS VAN MAXIMAAL 4 METINGEN PER LOCATIE

Stofgroep	Stof	Rendement	Dominante stoffen
Organische verbindingen	BZV	95,7%	
	CZV	87,2%	
	Zwevend stof	85,7%	
	Organische gebonden stikstof	80,6%	
Anorganische verbindingen	Ammonium	93,8%	
	Stikstof-totaal	40,2%	
	Fosfor-totaal	49,7%	
Macro-ionen		-6,2%	Calcium
Metalen		-23,3%	Strontium, IJzer, Mangaan, Nikkel
Medicijn(rest)en		95,4%	Paracetamol, Naproxen, Metformine

Tenslotte kan nog worden opgemerkt dat de voorbezinktank uiteraard onlosmakelijk met het helofytenfilter verbonden is en is dus onderdeel van de totale zuiveringsinstallatie is. De (beperkte) zuivering die in de voorbezinktank optreedt kan dus worden opgeteld bij de zuivering door het helofytenfilter teneinde het zuiveringsrendement van het hele systeem aan te geven. Alleen kon het influent in de voorbezinktank niet worden bemonsterd.

5.2 WAT ZIJN DE RISICO'S VOOR HET ONTVANGEND OPPERVLAKTEWATER?

Het IBA-effluent wordt voornamelijk geloosd op wegsloten en kavelsloten. Deze sloten staan in verbinding met de grotere watergangen, zoals de KRW-waterlichamen. Het effluent uit de IBA's dat geloosd wordt op oppervlaktewater mengt en wordt in bepaalde mate verdund, afhankelijk van het debiet in de watergang ten opzichte van het debiet van het effluent. Beide afvoeren zijn niet constant in de tijd en dus is de mate van verdunning eveneens niet constant.

De mate waarin het IBA-effluent wordt verdund is afhankelijk van het seizoen en de weersomstandigheden. In een droge (zomer)periode is de verdunningsfactor laag, wat impliceert dat het IBA-effluent een (relatief) grote bijdrage levert aan de voeding van het watersysteem. Omgekeerd zegt een hoge verdunningsfactor dus dat het IBA-effluent sterk wordt verdund en een kleine bijdrage levert aan de voeding van het watersysteem. Dat is de situatie in natte (winter)periodes. Naarmate de afstand vanaf het lozingspunt van de IBA toeneemt, wordt de verdunningsfactor normaal gesproken groter.

Door droogval, maar ook als gevolg van de in het veld geconstateerde slechte onderhoudstoestand van kunstwerken – vanwege het achterwege blijven van regulier onderhoud – bereikt, zeker in de zomersituatie, de afvalstroom vanuit IBA's niet de hoofdstroom, in veel gevallen KRW-waterlichamen. In de zomersituatie zijn veel IBA's die formeel lozen op oppervlaktewater in feite bodemlozers. In een dergelijke situatie infiltreert het effluent met de verontreinigingen voor een belangrijk deel in de bodem. Afhankelijk van stroombanen en processen in het ondergrondse transport zal een deel van deze verontreinigingen alsnog mogelijk uitspoelen in de hoofdstroom.

5.2.1 WATERKWALITEITSEFFECTEN EMISSIES ORGANISCHE STOFFEN

IBA-1 systemen zijn gericht op verwijderen van zwevende deeltjes, een groot deel van het organisch materiaal (BZV) wordt niet verwijderd. IBA-3A systemen verwijderen organisch materiaal door oxidatie. Uit de metingen blijkt dat een aantal IBA-3A compactsystemen

in dit licht onvoldoende functioneren, waarbij ook de emissie van zwevend stof hoog is. Daarentegen is de emissie van zowel organisch materiaal als zwevend stof vanuit IBA-3A helofytenfiltersystemen (zeer) laag.

Lozing van organische stof (BZV) leidt tot onttrekking van zuurstof in het ontvangende oppervlaktewater en lozing van zwevend stof tot vertroebeling. Bovendien resulteert lozing van zwevend stof in input van hieraan gebonden verontreinigingen.

De mate waarin de waterkwaliteitsproblemen kunnen optreden als gevolg van lozingen van organische stoffen vanuit IBA's is afhankelijk van factoren die in paragraaf 5.2 zijn besproken.

TABEL 5.5 EMISSIEDATA ORGANISCHE STOFFEN DRIE TYPEN IBA-SYSTEMEN

Stof	IBA-1A		IBA-3A Compact		IBA-3A Helofyten	
	gemiddeld	mediaan	gemiddeld	mediaan	gemiddeld	mediaan
BZV (mgO ₂ /l)	144	120	115	7	2	2
Zwevend stof (mg/l)	100	63	461	55	8	5

5.2.2 WATERKWALITEITSEFFECTEN EMISSIE N EN P MET FOCUS KRW-DOELREALISATIE

Tabel 4.6 geeft voor 6 KRW-afvoergebieden met relatief hoge aantallen IBA's van klasse 1 de bronnen van stikstof en fosfor. De vrachten van de in tabel 4.6 opgenomen bronnen zijn, met uitzondering van de IBA's, ontleend aan het project Regionale Analyse – Onderdeel Stoffen (Witteveen + Bos, 2018). De stikstof- en fosforvracht van de IBA's is gebaseerd op de gemeten gemiddelde stikstof- en fosforconcentraties in het effluent van de IBA's van klasse 1 (emissie P (12,2 mg/l) = 0,0042 kg P per dag, emissie N (110 mg/l) = 0,038 kg N per dag). Verder is gerekend met een lozingsvolume van 125 m³ per IBA op jaarbasis (circa 345 liter per dag). Tenslotte is er bij de berekening van uitgegaan dat de emissie-stroom vanuit de IBA's volledig en qua samenstelling onveranderd afstroomt op de hoofdstroom.

Met uitzondering van fosfor in Itterbeek en stikstof in de Broekbeek zijn de huidige nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater van de zes in tabel 4.6 opgenomen waterlichamen te hoog ten opzichte van de KRW-norm, die gebaseerd is op het zomerhalfjaargemiddelde.

Uit tabel 4.6 blijkt dat op jaarbasis de gesommeerde stikstof- en fosforvracht vanuit de IBA's veelal beperkt bijdraagt aan de totale stikstof- en fosforvracht van een afvoergebied. Over het zomerhalfjaar gerekend ligt het beeld genuanceerder. Uitschieters in het zomerhalfjaar zijn de verhoudingsgewijs hoge fosforvrachten vanuit IBA's in de afvoergebieden Broekbeek (22% bijdrage IBA's), Geesterse Molenbeek (19% bijdrage IBA's) en Westerbouwlandleiding (10% bijdrage IBA's) en de relatief hoge stikstofvracht (10,3%) vanuit IBA's in het afvoergebied Westerbouwlandleiding.

De hier beschreven calculatie is slechts een theoretische vingeroefening, eenvoudigweg omdat in delen van de zomer, vooral door droogval, de beschouwde waterlichamen niet of nauwelijks gevoed worden door de haarvaten waarop de IBA's lozen en de omvang van de resterende vuillast die langs ondergrondse stroombanen alsnog de hoofdloop belast onbekend is.

TABEL 5.6

BRONNEN VAN STIKSTOF EN FOSFOR PER AFVOEREBIED VAN ZES WATERLICHAMEN MET RELATIEF HOGE AANTALLEN IBA'S VAN KLASSE 1. DE STIKSTOF- EN FOSFORVRACHT VAN DE IBA'S IS GEBASEERD OP DE GEMETEN GEMIDDELDE STIKSTOF- EN FOSFORCONCENTRATIES IN HET EFFLUENT VAN DE IBA'S VAN KLASSE 1 (ZIE TABEL 1), DE VRACHTEN VAN DE ANDERE BRONNEN ZIJN ONTLEEND AAN HET PROJECT REGIONALE ANALYSE – ONDERDEEL STOFFEN (WITTEVEEN + BOS, 2018)

Bron	Markgraven			
	fosfor totaal (kgP/dag)		stikstof totaal (kgN/dag)	
	jaar	zomer	jaar	zomer
rwzi Tubbergen	5	5	25	25
uitspoeling	2,8	1,8	70	45
afspoeling	1	0,1	20	2
afvoer Geesterse Molenbeek	0,2	0,1	5	4
IBA's (156 ex. IBA-1)	0,7	0,7	5,9	5,9
<i>totaal</i>	9,7	7,7	125,9	81,9
	Lolee			
uitspoeling	9,5	6,0	240	150
afspoeling	3	1,0	70	5
IBA's (86 ex. IBA-1)	0,4	0,4	3,3	3,3
<i>totaal</i>	12,9	7,4	313,3	158,3
	Geesterse Molenbeek			
uitspoeling	2,1	1,2	53	33
afspoeling	0,7	0,1	17	1
IBA's (81 ex. IBA-1)	0,3	0,3	3,1	3,1
<i>totaal</i>	3,1	1,6	70	37,1
	Westerbouwlandleiding			
uitspoeling	4,1	2,6	31	19
afspoeling	0,9	0,1	10	1
IBA's (61 ex. IBA-1)	0,3	0,3	2,3	2,3
<i>totaal</i>	5,3	3	43,3	22,3
	Broekbeek			
uitspoeling	1,65	1,05	42	27
afspoeling	0,55	0,05	12	1
aanvoer vanuit Duitsland	0,4	0,3	13	5
IBA's (95 ex. IBA-1)	0,4	0,4	3,6	3,6
<i>totaal</i>	3	1,8	70,6	36,6
	Itterbeek			
uitspoeling	0,6	0,3	16	10
afspoeling	0,2	0,1	4	-
aanvoer vanuit Duitsland	1,9	1,5	49	38
IBA's (28 ex. IBA-1)	0,1	0,1	1,1	1,1
<i>totaal</i>	2,8	2	70,1	49,1

Kentallen: In deze notitie is gerekend met een lozingsvolume van 125 m³ per IBA op jaarbasis (circa 345 liter per dag). Emissie P (12,2 mg/l) = 0,0042 kg P per dag, emissie N (110 mg/l) = 0,038 kg N per dag.

5.2.3 WATERKWALITEITSEFFECTEN EMISSIE METALEN

Ten opzichte van de vigerende milieukwaliteitsnormen voor oppervlaktewater, die gelden voor water-oplosbare concentraties, zijn voor verschillende metalen, met de kanttekening dat deze gemeten zijn als totaal-concentraties, hoge tot extreem hoge gemiddelde en/of maximumwaarden gemeten in de afvalwaterstromen van de IBA-3A compactsystemen en IBA-3A helofytenfiltersystemen, waaronder voor aluminium, kobalt, koper, nikkel, tin en zilver. Ook in vergelijking met gemeten totaal-concentraties metalen in effluënten van RWZI's, bijvoorbeeld die van Glanerbrug, Hengelo en Oldenzaal (zie tabel 4.7 ten opzichte van tabel 4.3), zijn de gemeten totaal-concentraties van verschillende metalen in het effluent van IBA-3A systemen zeer hoog. Een verklaring ontbreekt op dit moment. Wel kan nog worden opgemerkt dat IBA's uitsluitend afvalwater verwerken en RWZI's een mix van afval-

water, regenwater en bedrijfsafvalwater. Het aandeel regenwater kan daarin (gemiddeld over het jaar) 60% bedragen. Ingezameld regenwater en bedrijfsafvalwater hebben ook weer een zekere vuillast; dit beïnvloedt de kwaliteit van het effluent van de RWZI. Er kan ook sprake zijn van verdunning als regenwater juist schoner is dan afvalwater. Daarnaast kan er sprake zijn van rioolvreemd water (door lekkende riolen).

De biobeschikbaarheid van metalen en de eventuele toxiciteit voor aquatische organismen is afhankelijk van de in water opgeloste concentraties en niet aan de zwevend gebonden fracties. In het effluent van de helofytenfiltersystemen is aandeel zwevend stof veelal beperkt en kan voorzichtig worden gesteld dat metalen hierin vooral in opgeloste vorm aanwezig zijn.

Met de kanttekening dat de milieukwaliteitsnormen geen lozingsnormen zijn en afhankelijk van het debiet in de ontvangende waterloop de emissies verdund worden, zijn van sommige metalen de emissies zo hoog dat ecotoxicologische effecten in de ontvangende watersystemen op voorhand niet zijn uit te sluiten. Helaas ontbreekt vergelijkbare informatie uit de literatuur en is verder onderzoek hier op zijn plaats.

TABEL 5.7 GEMETEN TOTAAL-CONCENTRATIES ALUMINIUM, NIKKEL, KOBALT, KOPER, STRONTIUM EN ZINK IN HET EFFLUENT VAN DE RWZI'S GLANERBRUG, HENGELO EN OLDENZAAL (METINGEN 2022-2024)

	Aluminium effluent RWZI			Nikkel effluent RWZI		
	Glanerbrug	Hengelo	Oldenzaal	Glanerbrug	Hengelo	Oldenzaal
Gem (rek):	56,7	172,5	176,1	3,6	7,0	4,3
Mediaan:	50,5	150,0	50,0	3,0	6,8	4,0
Max:	75,0	260,0	1300,0	12,0	8,2	6,6
Min:	50,0	130,0	50,0	1,8	6,1	2,2
Aantal:	10	4	10	10	4	10
	Kobalt effluent RWZI			Koper effluent RWZI		
	Glanerbrug	Hengelo	Oldenzaal	Glanerbrug	Hengelo	Oldenzaal
Gem (rek):	1	1,2	1	7,2	4,9	5,0
Mediaan:	1	1,1	1	7,5	5,0	4,9
Max:	1	1,4	1	8,5	5,4	8,6
Min:	1	1,0	1	5,4	4,2	2,5
Aantal:	10	4	10	10	4	10
	Strontium effluent RWZI			Zink effluent RWZI		
	Glanerbrug	Hengelo	Oldenzaal	Glanerbrug	Hengelo	Oldenzaal
Gem (rek):	199	1	1	43,0	37,3	35,0
Mediaan:	210	1	1	35,5	37,5	41,0
Max:	240	1	1	85,0	43,0	56,0
Min:	100	1	1	20,0	31,0	12,0
Aantal:	10	4	10	10	4	10

5.3 IMPACT BEHEER EN ONDERHOUD

Beheer en onderhoud heeft een grote impact op de werking van de IBA's en dus op de effluent kwaliteit. In dit meetproject is de toezichthoudende taak van Vechtstromen ook uitgevoerd. Dit betekent dat Toezicht en Handhaving inzicht had in de meetresultaten. Op basis van die resultaten kon een IBA eigenaar verzocht worden de IBA te onderhouden. Dit is een aantal keer gebeurd. Bij IBA-1 systemen betrof dit meestal het ledigen van de IBA. Bij IBA-3A compact systemen kon dit ook het beter afstellen van de beluchter betekenen. Wanneer IBA-3A helofytenfilters niet aan de effluenteisen voldeden werd er in één geval naar een oplossing op maat gezocht. Dit betrof het optimaliseren van de hydrologische afvoer en het aanleggen van een pompsysteem om het effluent in de sloot te pompen.

IBA eigenaren hebben een termijn waarin het onderhoud gepleegd dient te worden. Na het plegen van onderhoud kan het een aantal weken duren voordat het IBA systeem weer stabiel werkt. Dit houdt in dat de totale tijd waarin onderhoud effect heeft op de werking van een IBA langer kan zijn dan de tijd tussen twee meetperiodes. Hierdoor heeft een aantal keer het plegen van onderhoud op verzoek van Vechtstromen invloed gehad op de meetresultaten. Meestal kwam dit de effluent kwaliteit ten goede.

5.4 CONCLUSIES

Emissies organische stoffen

- De in dit onderzoek betrokken IBA-1 systemen voldoen veelal aan de (ruime) lozingseisen voor organische stoffen (BZV en CZV), maar hebben moeite om aan de eis voor zwevend stof te voldoen.
- IBA-3A compactsystemen zijn gevoelig voor slecht onderhoud en functioneren bij achterwege blijven van onderhoud volstrekt ondermaats, met meer dan incidenteel hoge tot zeer hoge concentraties van verschillende organische verbindingen. Goed onderhouden IBA-3A compactsystemen laten een goede effluent kwaliteit. Op basis van de gemiddelde en mediane gehalten organische verbindingen in het afvalwater presteert het type IBA-3A helofytensysteem veruit het best.

Emissies stikstof- en fosforverbindingen

- Van de 10 IBA-3A compactsystemen voldoet 20% aan de emissie-eis van ≤ 4 mg/l voor ammonium en 40% aan de emissie-eis van < 60 mgN/l voor totaal-stikstof. Van de 11 IBA-3A helofytenfiltersystemen voldoet 64% aan de lozingseis van ≤ 4 mg/l voor ammonium en 64% aan de lozingseis van < 60 mg/l voor totaal-stikstof.
- De totaal-fosforgehalten in het afvalwater van de IBA-1 systemen en IBA-3A compactsystemen zijn min of meer vergelijkbaar. Vermoedelijk vindt in deze systemen nauwelijks fosfaatverwijdering plaats. Daarentegen zijn na passage door het filtersysteem de totaal-fosforgehalten in het effluent van de IBA-3A helofytenfiltersystemen duidelijk verlaagd.

Emissies metalen

- Ten opzichte van de vigerende milieukwaliteitsnormen voor oppervlaktewater zijn voor verschillende metalen hoge tot extreem hoge gemiddelde en/of maximumwaarden gemeten in de afvalwaterstromen van de IBA-3A compactsystemen en IBA-3A helofytenfiltersystemen.
- Hierbij past de nuancering dat de normen voor opgeloste concentraties gelden en de metingen totaal-concentraties betreffen. Desondanks, ook in het licht van de relatief lage zwevend stofgehalten in het effluent van helofytenfiltersystemen, zijn de gemeten waarden van diverse metalen vooralsnog onverklaarbaar en zeker verontrustend hoog.
- De gemiddelde en maximumgehalten van een aantal metalen in het effluent van de helofytenfiltersystemen zijn verhoogd, soms zelfs extreem, ten opzichte van de gehalten in het influent, waaronder arseen, molybdeen en strontium.

Zuiveringsrendement IBA-3A helofytenfiltersystemen

- De helofytenfiltersystemen functioneren goed tot zeer goed in de retentie van organische verbindingen, ammonium en medicijnresten met verwijderingsrendementen van 80 tot 95%.
- Daarentegen is de verhoogde totaal-metalenlast, dus een negatief zuiveringsrendement, in het effluent opvallend. De zuiveringsprestaties voor metalen en ook voor medicijnresten worden vooral beïnvloed door massa-verschuivingen van een aantal in gewicht

dominante verbindingen, bij metalen met name strontium, ijzer, mangaan, nikkel en aluminium.

- Gemiddeld schommelt het stikstofverwijderingspercentage rond de 40% en varieert tussen 14% en 91%.
- Gemiddeld schommelt het fosforverwijderingspercentage rond de 50% en varieert tussen 35% en 85%.

Waterkwaliteitseffecten emissies IBA-systemen

- Lozing van organische stof (BZV) leidt tot onttrekking van zuurstof in het ontvangende oppervlaktewater en lozing van zwevend stof tot vertroebeling. Bovendien resulteert lozing van zwevend stof in input van hieraan gebonden verontreinigingen. In dit verband vereisen met oog op ongewenste waterkwaliteitseffecten IBA-1 systemen, vanwege de ruime lozingseisen, en slecht onderhouden IBA-3A compactsystemen aandacht. In het bijzonder in situaties met een hoge dichtheid van met name IBA-1 systemen.
- De vraag of en welke mate lozingen van stikstof en fosfor vanuit clusters van IBA-1 systemen KRW-doelrealisatie in de weg staan, is lastig te beantwoorden. In de praktijk worden in delen van de zomer, vooral door droogval, maar soms ook door slecht onderhouden duikers, de beschouwde waterlichamen niet of nauwelijks gevoed door de haarvaten waarop de IBA's lozen en de omvang van de resterende vuillast die langs ondergrondse stroombanen alsnog de hoofdloop belast onbekend is.
- De emissies van verschillende metalen is zo hoog dat ecotoxicologische effecten in de ontvangende watersystemen op voorhand niet zijn uit te sluiten. Helaas ontbreekt vergelijkbare informatie uit de literatuur en is verder onderzoek hier op zijn plaats.

5.5 AANBEVELINGEN

1. Onderzoeken hoe de emissies uit IBA-systemen kunnen worden verminderd

Bij Waterschap Vechtstromen geldt de volgende voorkeursvolgorde voor lozingen van huishoudelijk afvalwater in het buitengebied buitengebied': (1) verwijdering via (druk)riolering, (2) lozing op de bodem via een zuiveringsvoorziening, (3) lozing via een collectieve zuiveringsvoorziening en (4) lozing via een individuele zuiveringsvoorziening (IBA).

Tegen de achtergrond van het grote verschil in vigerende lozingseisen voor enerzijds RWZI's en anderzijds voor IBA-1 en IBA-3A systemen is de voorkeur voor verwijdering via (druk)riolering begrijpelijk (zie tabel 5.8). Hieraan kan worden toegevoegd dat in de komende jaren tal van RWZI's worden geïnnoveerd met significante verlagingen van met name N en P emissies in het verschiep, waardoor het verschil in zuiveringsrendement tussen RWZI's en IBA-systemen nog groter wordt. Wel is het relevant dat de afweging óf verwijdering via (druk)riolering óf via een IBA een bredere kosten/baten analyse vereist, dan alleen kennis van verschillen in lozingseisen en zuiveringsrendementen.

TABEL 5.8

LOZINGSEISEN RWZI'S (BRON ACTIVITEITENBESLUIT) EN IBA-1 EN IBA-3A SYSTEMEN

Stof	RWZI		IBA-1	IBA-3A
	> 10.000 i.e.'s	> 2000 en < 10.000 i.e.'s		
BZV (mgO ₂ /l)	20	20	250	40
Zwevend stof (mg/l)	125	125	750	200
Onopgeloste stoffen (mg/l)	30	30	70	60
Stikstof-totaal (mg/l)	10	15		60
Fosfor-totaal (mg/l)	1	2		

Binnen de huidige regelgeving volstaat in situaties waar het lozen van huishoudelijk afvalwater in een oppervlaktewaterlichaam of op of in de bodem is toegestaan een IBA klasse 1 (septic tank) voor lozingen van minder dan 6 lozingseenheden (6 i.e.). Tot 2008 werd bij waardevolle kleine wateren (WKW) en bij beschermde gebieden (EU beschermde gebieden/ Natura 2000 gebieden) een IBA IIIA of gelijkwaardig geëist. Een belangrijke vraag die nu voorstaat is of de regel dat in situaties van < 6 i.e. 's een IBA-1 volstaat uit oogpunt van adequaat waterkwaliteitsbeheer te rechtvaardigen is?

Op basis van de hier besproken uitkomsten verdient het aanbeveling om te onderzoeken hoe de emissies uit IBA-systemen verminderd kunnen worden' Geadviseerd wordt om de belangrijkste bevindingen uit dit onderzoek daarin een richtinggevend te laten zijn. De belangrijkste bevindingen zijn:

- Van de drie onderzochte IBA-systemen heeft het type IBA-3A helofytenfiltersysteem veruit de laagste impact op het watermilieu, waarbij de emissie van zware metalen – maar dat geldt voor alle typen IBA-systemen – nader aandacht verdient.
- Het periodieke onderhoud van IBA-systemen door de particuliere eigenaren, zeker bij complexe technieken als het IBA-3A compactstelsel, is een achilleshiel. De vraag is of ontzorgen haalbaar is.

2. Het doen van vervolgmetingen aan IBA-systemen

In dit monitoringsonderzoek zijn zeer hoge totaal-concentraties aan (zware) metalen gemeten in effluenten van IBA-3A compactsystemen en IBA-3A helofytenfiltersystemen. Het meetprogramma voorzag niet in het meten van metalen in het effluent van IBA-1 systemen, maar vermoedelijk zal het emissiebeeld van deze eenvoudige systemen ten aanzien van metalen niet gunstiger zijn. Geadviseerd wordt om in vervolgonderzoek in het effluent en in het ontvangende oppervlaktewater naast totale concentraties opgeloste metalenconcentraties ook de totale concentraties te meten en daarnaast zwevend stof en DOC (opgelost organisch stof).

Tenslotte nog het volgende. Een IBA-systeem wordt gedurende een dag discontinu belast (zie voor een indruk tabel 2.4), met gevolg dat de effluentkwaliteit van het systeem, ondanks de verblijftijd, waarschijnlijk varieert gedurende de dag. Dit roept de vraag op of de keuze om te werken met steekmonsters, zoals in dit meetprogramma, een voldoende representatief beeld geeft van de effluentkwaliteit en het zuiveringsrendement van IBA-systemen. De keuze om te werken met steekmonsters is een puur praktische geweest. Het was ondoenlijk om alle meetlocaties meer representatieve debiet- of tijdproportionele monsters te nemen. Echter in een vervolgonderzoek is het zeker te overwegen om bij enkele systemen debiet- en tijdproportionele bemonsteringen uit te voeren.

6

GERAADPLEEGDE LITERATUUR

- CUWVO, 1999. Individuele Behandeling van afvalwater IBA - systemen. Handreiking voor de uitvoering van het Lozingenbesluit WVO huishoudelijk afvalwater en het Lozingenbesluit bodembescherming. CIW.
- STOWA, 2014-34. Naar meer doelmatigheid bij IBA-systemen.
- STOWA, 2022-42. Verkenning natuurlijke zuiveringssystemen voor verwijdering van organische microverontreinigingen.
- STOWA, <http://www.saniwijzer.nl/> Informatie over technieken, achtergronden, voorbeelden en projecten op het gebied van nieuwe sanitatie.
- Waterschap Vechtstromen, 2017. Voorkeursvolgorde lozingen huishoudelijk afvalwater buitengebied
- Waterschap Vechtstromen, 2018. Regionale Analyse - Onderdeel Stoffen. Analyse van bronnen en handelingsperspectief.
- Waterschap Zuiderzeeland, 2017. IBA's en medicijnresten. Verkenning van de emissie van medicijn(resten) uit IBA-compactsystemen en helofytenfilters.