

NOTITIE

Onderwerp	Motivatie bijstelling lozingsnormenkader
Project	Evaluatie lozing
Opdrachtgever	Stora Enso
Projectcode	141714
Projectleider	Emmanuel Van Acker
Status	Definitief vB
Datum	20 december 2024
Referentie	141714_06_TCN_vB

Auteur(s)	Emmanuel Van Acker, Tim Devaere
Gecontroleerd door	Wouter De Vos
Goedgekeurd door	Emmanuel Van Acker
Paraaf	

Bijlage(n)	I Ruwe data opname- en lozingsconcentraties, berekening van de delta-lozingsconcentraties en van het voorgesteld normenkader
------------	--

Aan	Stora Enso	Hans Boghaert en Katrien Ponnet
-----	------------	---------------------------------

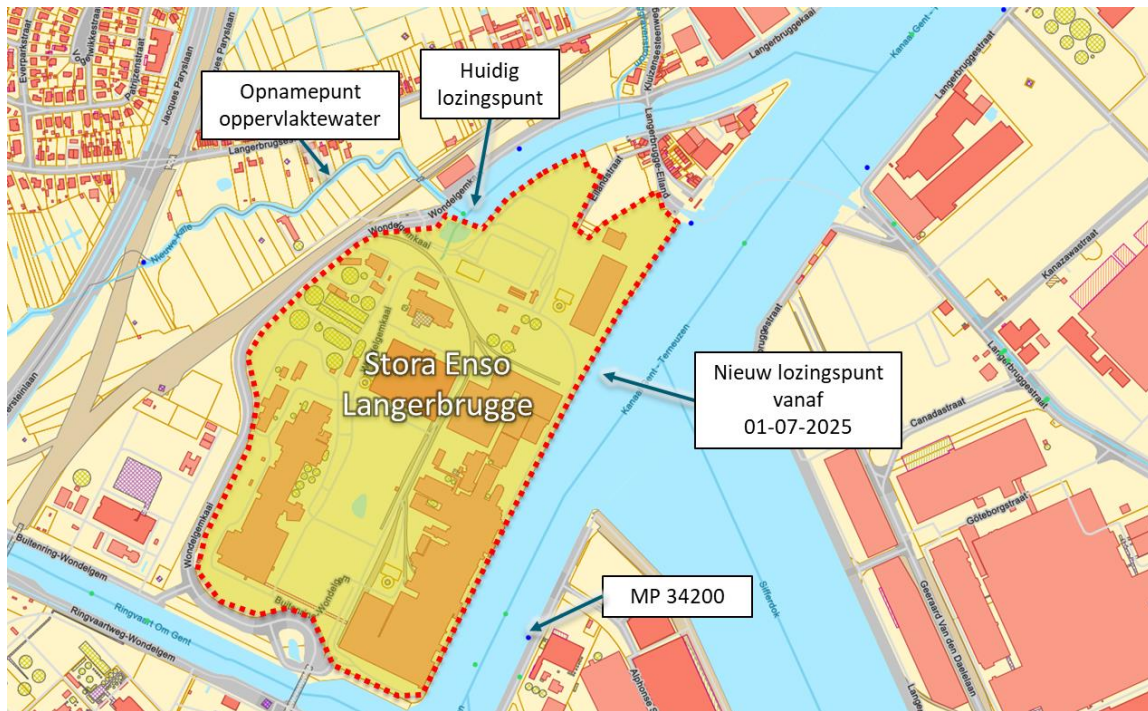
1 SITUERING

Stora Enso exploiteert een papierfabriek te Wondelgemkaai 200 in Gent (Langerbrugge). Het productiewater wordt opgenomen uit de Nieuwe Kale (7.523.000 m³ in 2023) en na zuivering wordt het afvalwater geloosd in een zijarm van het Kanaal Gent-Terneuzen (6.350.000 m³ in 2023). Het lozingspunt wordt verlegd naar het Kanaal Gent-Terneuzen tegen 01-07-2025 (zie Afbeelding 1.1) omwille van de geringere impact op dat punt.

Stora Enso wordt, net als veel bedrijven die afval recyclen, geconfronteerd met PFAS in het bedrijfsafvalwater. Op heden hebben ze voor 5 PFAS-verbindingen bijzondere lozingsnormen (zie Tabel 1.1) conform het besluit met referentie OMV_2022086536 (d.d. 11-04-2023). Deze bijzondere lozingsnormen komen te vervallen op 11-04-2025. Het deltaprincipe is van toepassing op alle vergunde parameters buiten temperatuur, BZV en zwevende stoffen, wat betekent dat de opgenomen concentratie mag worden afgetrokken van de lozingsconcentratie. Om een normconforme lozing te behouden zijn maatregelen vereist. Deze betreffen zowel het aanvragen van nieuwe (tijdelijke) bijzondere lozingsnormen voor PFAS-verbindingen, als de optimalisatie/uitbouw van de waterzuivering.

De voorliggende nota evalueert de PFAS-concentraties in het opgenomen proceswater en het gezuiverde bedrijfsafvalwater van Stora Enso en bepaalt de toevoegde concentratie (hoofdstuk 2). In hoofdstuk 3 wordt het brononderzoek, de huidige en geplande waterzuivering en de onderzoekpistes naar PFAS-verwijdering beschreven. In hoofdstuk 4 is een voorstel uitgewerkt voor een tijdelijk PFAS-lozingsnormenkader en voor de monitoring via het deltaprincipe. Tenslotte wordt in hoofdstuk 5 een conclusie geformuleerd.

Afbeelding 1.1 Overzicht van het proceswateropnamepunt voor, het huidige en toekomstige lozingspunt en het dichtstbijzijnde stroomopwaartse meetpunt op het Kanaal Gent-Terneuzen met recente PFAS-meetdata (bron: Geoloket impactbeoordeling)



Tabel 1.1 Huidig PFAS lozingsnormenkader met bijzondere lozingsnormen (BLN) voor 5 PFAS-verbindingen waarvoor het deltaprincipe van toepassing is, conform het besluit met referentie OMV_2022086536 (d.d. 11-04-2023)

Parameter	BLN ($\mu\text{g/l}$)
perfluorbutaan­zuur (PFBA)	0,1
perfluorpenta­zuur (PFPeA)	0,1
perfluorhexa­zuur (PFHxA)	0,1
perfluorocta­zuur (PFOA)	0,1
perfluorocta­sulfonyl­zuur (PFOS)	0,1

2 KARAKTERISATIE VAN DE LOZING EN HET OPPERVLAKTEWATER

De karakterisatie van de lozing die in dit hoofdstuk werd uitgevoerd betreft de bepaling van de delta (Δ) PFAS-lozingsconcentraties. Dit betekent dat de toegevoegde concentratie in de lozing ten opzichte van de opgenomen concentratie in het proceswater uit de Nieuwe Kale per individuele PFAS-verbinding werd gekarakteriseerd. Deze karakterisatie van de lozing is uitgevoerd op de meetdata van 2024.

Verder werden ook de PFAS-concentraties in het stroomopwaartse water van het Kanaal Gent-Terneuzen gekarakteriseerd, zijnde het toekomstige ontvangende oppervlaktewater. Deze karakterisatie van het oppervlaktewater werd uitgevoerd met de meetresultaten uit 2023 en 2024 van het VMM meetpunt 34200.

De toekomstige lozing wordt niet in dit hoofdstuk maar in hoofdstuk 4 beschreven waarbij een voorstel voor een nieuw tijdelijk PFAS-lozingsnormenkader is uitgewerkt.

2.1 Delta lozing

De karakterisatie van de delta(Δ)-lozingsconcentraties voor PFAS voor het jaar 2024 is samengevat in Tabel 2.1. In Bijlage I zijn de ruwe meetdata en de berekeningen weergegeven.

Tabel 2.1 De delta(Δ)-lozingsconcentraties voor PFAS, zijnde de toegevoegde concentratie per verbinding tussen de opname uit de Nieuwe Kale en de lozing. De gemiddelde¹ opname- (n=9) en lozingsconcentraties (n=9) zijn weergegeven naast de gemiddelde² en maximale Δ -lozingsconcentraties (n=8). Enkel de verbindingen met minstens 1 meting boven de detectielimiet zijn weergegeven. De gemiddelde en maximale Δ -lozingsconcentraties boven de (20 of 50 ng/l) zijn rood ingekleurd

	Gem. opname (ng/l)	Gem. lozing (ng/l)	Gem. Δ -lozing (ng/l)	Max. Δ -lozing (ng/l)
som PFAS (kwantitatief+indicatief)	99	399	270	682
perfluor-n-butaanzuur (PFBA)	15	46	37	51
perfluor-n-pentaanzuur (PFPeA)	10	46	24	57
perfluor-n-hexaanzuur (PFHxA)	15	42	24	39
perfluor-n-heptaanzuur (PFHpA)	5	12	7	13
perfluor-n-octaanzuur (PFOA)	8	38	30	42
perfluor-n-nonaanzuur (PFNA)	1	7	7	10
perfluor-n-decaanzuur (PFDA)	0	0	0	1
perfluor-n-butaansulfonzuur (PFBS)	4	20	10	51
perfluor-n-pentaansulfonzuur (PFPeS)	1	1	1	4
perfluor-n-hexaansulfonzuur (PFHxS)	9	22	17	61
perfluor-n-heptaansulfonzuur (PFHpS)	0	0	0	1
perfluor-n-octaansulfonzuur (PFOS)	16	58	43	76
perfluor-octaansulfonamide (PFOSA)	1	9	9	44
N-methylperfluor-n-octaansulfonamido-azijnzuur (MePFOSAA)	2	0	0	0
N-ethylperfluor-n-octaansulfonamido-azijnzuur (EtPFOSAA)	0	5	5	22
6:2 fluortelomeersulfonzuur (6:2 FTS)	11	66	27	51
8:2 fluortelomeersulfonzuur (8:2 FTS)	0	0	0	1
perfluor-2-propoxypropaanzuur (GenX)	0	0	0	2
N-methylperfluor-n-butaansulfonylamide azijnzuur (MePFBSAA)	0	14	14	31
perfluor-n-hexaansulfonamide (PFHxSA)	0	0	0	1
perfluor-n-octadecaanzuur (PFODA)	0	5	5	43
6:2 fluortelomeerfosfaat diester (6:2 diPAP)	0	3	4	28
6:2/8:2 fluortelomeerfosfaatdiester (6:2/8:2 diPAP)	0	6	7	53

¹ Ter bepaling van de gemiddelde concentraties werden metingen onder de detectielimiet (< DL) gelijk aan 0 beschouwd.

² De gemiddelde Δ -lozingsconcentratie is hier niet berekend als het verschil van de gemiddelde opname en gemiddelde lozing, maar als het gemiddelde van alle individuele Δ -lozingsconcentraties zoals bepaald in Bijlage I.

Op basis van deze data kunnen volgende vaststellingen worden gemaakt:

- In de periode 19-02-2024 tot 21-10-2024 werden op 8 dagen stalen van zowel het opgenomen oppervlaktewater als van de lozing geanalyseerd op PFAS, waarmee de Δ -lozingsconcentraties kunnen bepaald worden;
- in totaal werden de stalen bemeten op 55 verschillende PFAS-verbindingen;
- voor 12 PFAS-verbindingen werd minstens één keer een toevoeging waargenomen boven de rapportagegrens¹, zijnde: PFBA, PFPeA, PFHxA, PFOA, PFBS, PFHxS, PFOS, PFOSA, EtPFOSAA, 6:2 FTS, MePFBSAA en 6:2/8:2 diPAP;
 - voor 5 van deze PFAS-verbindingen: PFBA, PFPeA, PFHxA, PFOA en PFOS geldt een bijzondere lozingsnorm (BLN; $\Delta=100$ ng/l) die niet werd overschreden;
 - voor de overige 7 PFAS-verbindingen geldt geen BLN.

2.2 Ontvangend oppervlaktewater

Tegen 01-07-2025 zal Stora Enso een nieuw lozingspunt gebruiken en zal de lozing niet langer in de zijarm van het Kanaal Gent-Terneuzen maar in het eigenlijke kanaal plaatsvinden (zie Afbeelding 1.1). Omwille van deze verandering werden in deze sectie ook de PFAS-verbindingen in het Kanaal Gent-Terneuzen geëvalueerd. Tabel 2.2 toont de PFAS-metresultaten tussen 2023 en 2024 van het VMM meetpunt 34200 voor alle PFAS-verbindingen die minstens 1 maal werden waargenomen boven de detectielimiet.

Tabel 2.2 PFAS meetdata van dichtstbijzijnde stroomopwaartse VMM meetpunt (MP 34200) op het Kanaal Gent-Terneuzen. Naast de gemiddelde² en maximale concentraties zijn ook het aantal metingen en het aantal metingen boven de detectielimiet (> DL) weergegeven. Enkel de verbindingen met minstens 1 meting boven de detectielimiet zijn hier weergegeven

	Aantal metingen		Gem. concentratie (ng/l)	Max. concentratie (ng/l)
	Totaal	> DL		
som PFAS (indicatief+kwantitatief)	17	17	40,1	75,1
PFBA	17	10	4,2	10
PFPeA	17	12	5,6	10
PFHxA	17	14	5,8	11
PFHpA	17	10	2,6	4,3
PFOA totaal	17	5	2,1	5,8
PFNA	16	9	0,6	1,2
PFDA	16	10	0,7	1,3
PFTTrDA	17	1	0,8	10
PFTeDA	12	1	0,1	1,6
PFBS	17	15	4,6	6,5
PFPeS	16	11	0,5	1,41
PFHxS totaal	17	5	1,4	4,4
PFOS totaal	17	14	6,2	15
PFOSA totaal	17	2	0,1	1,1
MePFOSA	16	1	0,4	4,8

¹ Rapportagegrens van 20 ng/l voor kwantitatieve PFAS en 50 ng/l voor indicatieve PFAS.

² Ter bepaling van de gemiddelde concentraties werden metingen onder de detectielimiet (< DL) gelijk aan 0 beschouwd.

	Aantal metingen		Gem. concentratie (ng/l)	Max. concentratie (ng/l)
	Totaal	> DL		
MePFOSAA	15	13	1,3	3,3
EtPFOSAA	15	2	0,2	1,8
MePFBSAA	17	6	0,8	2,8
PFBSA	17	9	0,6	9,8
PFHxSA	17	5	0,2	11,9
PFDODA	17	1	0,7	9,6
6:2/8:2 diPAP	13	1	0,4	5,2
6:2 diPAP	13	1	0,2	2,4
8:2 diPAP	12	1	0,4	5

2.3 PFAS-toevoeging

PFAS-toevoeging in het Kanaal Gent-Terneuzen door lozing van Stora Enso kan berekend worden door de toegevoegde PFAS-vracht¹ te vergelijken met de reeds aanwezige stroomopwaartse vracht. Stora Enso loosde in 2024 een jaarvracht van 1.620 g PFAS,² terwijl er stroomopwaarts in het kanaal Gent-Terneuzen een jaarvracht aanwezig is van 24.448 g PFAS.³ De verhoging van de PFAS-vracht¹ (en bij benadering ook de PFAS-concentratie) op het specifieke (toekomstige) lozingspunt in het Kanaal Gent-Terneuzen komt overeen met 6,6 %. Het aandeel in de totale vracht op het einde van de waterloop werd niet bepaald.

3 ONDERZOEK

3.1 Brononderzoek

Om de herkomst van de PFAS na te gaan en te bepalen of er deelstromen zijn die potentieel afzonderlijk te zuiveren vallen, werd een brononderzoek uitgevoerd.

In de eerste fase werden de volgende afvalwaters die naar de waterzuiveringsinstallatie (WZI) stromen op PFAS geanalyseerd: het effluent van de gaswassers, het potentieel verontreinigd hemelwater van het fuel park, het afvalwater van de papiermachine en het afvalwater dat de pulpproductie verlaat (hoofdzakelijk via de slibontwatering). Tegelijkertijd werden ook de proceswateropname, het WZI-influent en de lozing geanalyseerd. Deze meetcampagne werd uitgevoerd aan de hand van weekstalen, die werden bekomen door op 5 wekdagen een schepstaal te nemen van de waterstroom en deze voor analyse samen te voegen. Uit deze eerste meetcampagne (uitgevoerd in juni 2024) bleek dat het afvalwater dat de pulpproductie via de slibontwatering verlaat 91 % van de toegevoegde PFAS-vracht dat naar de WZI stroomt, bevatte.

In een tweede meetcampagne (uitgevoerd in oktober 2024) werden deze bevindingen opnieuw onderzocht door het opgenomen proceswater, het afvalwater van de pulpproductie, het WZI-influent en de lozing opnieuw te analyseren met weekstalen. Het afvalwater van deze ontwateringslijnen bevatte toen circa 151 % van de toegevoegde PFAS-vracht dat naar de WZI stroomt. Niettegenstaande dit niet realistisch is en de massabalans tussen opname, toevoeging en lozing niet klopt, bevestigen deze metingen wel dat deze

¹ Berekend als de som van alle kwantitatieve en indicatieve PFAS.

² Berekend als het jaarlozingsdebiet maal de gemiddelde Δ -lozingsconcentratie (= 270 ng PFAS¹/l in 2024). In deze berekening werd 6.000.000 m³/jaar gehanteerd gezien het jaarlozingsdebiet in 2024 (en in de toekomst) steeds lager zal liggen.

³ Gemiddeld stroomopwaartse Pegase-debiet van het Kanaal Gent-Terneuzen Mandel (= 18,89575 m³/s) vermenigvuldigd met de duur van een jaar en de JG stroomopwaartse concentratie in 2023-2024 (= 40,1 ng PFAS¹/l).

afvalwaterstroom de overgrote bulk van de PFAS-toevoeging omvat. Het afvalwater dat voortkomt uit de pulpproductie omvat 61,5 % van het totale lozingsdebiet en bevat tevens circa 90 % van CZV-vracht die naar de WZI stroomt (met concentraties tot 6.000 mg CZV/l). Deze afvalwaterstroom afzonderlijk zuiveren via een eenvoudige deelbehandeling is bijgevolg niet mogelijk.

Om het onderzoek naar de effectieve PFAS-bron te voltooien werd een blanco test uitgevoerd waarbij het productieproces in het laboratorium chemisch werd nagebootst zonder gerecycleerd papier. Er werd een hypothetisch afvalwaterstaal geproduceerd, startend van stadswater, waarbij alle chemicaliën die in de productie worden aangewend in de relevante verhouding werden gedoseerd. Tabel 3.1 geeft de PFAS-concentraties weer zonder en met toevoeging van chemicaliën. Deze test toont aan dat de gebruikte productiechemicaliën geen PFAS bevatten en dus geen PFAS toevoegen aan het afvalwater. Bij uitsluiting kan de waargenomen PFAS-toevoeging in het afvalwater van Stora Enso enkel worden toegeschreven aan de PFAS-inhoud en of -verontreiniging van de gerecycleerde papiergrondstof.

Tabel 3.1 Resultaten van de blanco test die de toevoeging van productiechemicaliën test op PFAS

		Stadswater	Stadswater + chemicaliën
som PFAS (kwantitatief+ indicatief)	ng/l	19	12
perfluorbutaan­zuur (PFBA)	ng/l	4	<1
perfluorpenta­zuur (PFPeA)	ng/l	4	1
perfluorhexa­zuur (PFHxA)	ng/l	3	2
perfluorhepta­zuur (PFHpA)	ng/l	2	2
perfluoroc­ta­zuur (PFOA)	ng/l	3	2
perfluorbutaansulfonaat (PFBS)	ng/l	1	1
perfluoroc­ta­ansulfonamide (PFOSA)	ng/l	2	2
6:2 fluortelomeersulfon­zuur (6:2 FTS)	ng/l	<1	2

Acceptatie

Op deze gerecycleerde papiergrondstof is het op heden zo goed als onhaalbaar om een acceptatiebeleid inzake PFAS op te zetten. Een sorteerlijn die papier met PFAS(-verontreinigingen) kan onderscheiden bestaat tot op vandaag niet. Het ingrijpend veranderen van de papiersortering en -inzameling aan de bron van de papierrecyclage, waarbij potentieel PFAS-houdende of -verontreinigde papierkwaliteiten verbrand in plaats van gesorteerd worden lijkt een weinig haalbaar alternatief. Het is op heden ook nog niet duidelijk welke papierkwaliteiten meer PFAS(-verontreinigingen) zouden bevatten. Daarnaast komt ook nog dat de papiergrondstof die bij Stora Enso wordt gerecycleerd afkomstig is uit een straal van enkele honderden kilometers en bijgevolg de landsgrenzen overschrijdt. De enige bronmaatregel die echt een effect zou kunnen hebben op middellange termijn is een beleidsmatige restrictie van de productie én het gebruik van PFAS-toepassingen die diffuse verontreinigingen (zoals op papier) kunnen aanbrengen of veroorzaken.

3.2 PFAS-verwijdering

3.2.1 Huidige waterzuivering

De waterzuivering van Stora Enso bestaat uit een 3-traps biologische waterzuivering (Afbeelding 3.1). Met de beschikbare meetdata van de dagen waarbij zowel het influent als effluent van de waterzuivering werden geanalyseerd, werd de huidige PFAS-verwijderingsefficiëntie bepaald in Tabel 3.2. Op basis van de resultaten voor de som van de kwantitatieve en indicatieve PFAS en voor PFOS en PFOA, de enige individuele verbindingen die in alle 4 metingen zowel in het influent als in het effluent werden aangetroffen, lijkt weinig

PFAS verwijderd te worden in de huidige waterzuivering. Dergelijke lage verwijderingsefficiënties zijn weinig verrassend gezien PFAS niet (of weinig) via biodegradatie in klassieke biologische zuiveringen wordt afgebroken. Enkel via adsorptie aan het slib zou een beperkte verwijdering kunnen plaatsvinden.

Tabel 3.2 PFAS-verwijderingsrendementen in de huidige biologische waterzuivering periode juni-oktober 2024

		17 juni	26 aug*	16 sept	21 okt	Gem.
som PFAS (kwan.+ind.)	infl. conc.	386	796	245	398	456
	effl. conc.	239	621	462	195	379
	verw.%	38 %	22 %	-89 %	51 %	6 %
PFOS	infl. conc.	110	130	95	100	109
	effl. conc.	43	84	100	84	78
	verw.%	61 %	35 %	-5 %	16 %	27 %
PFOA	infl. conc.	43	55	49	38	46
	effl. conc.	37	44	42	31	39
	verw.%	14 %	20 %	14 %	18 %	17 %

* Het influent werd bemeten op 25-08-2024.

3.2.2 Conversie van de productie en de waterzuivering

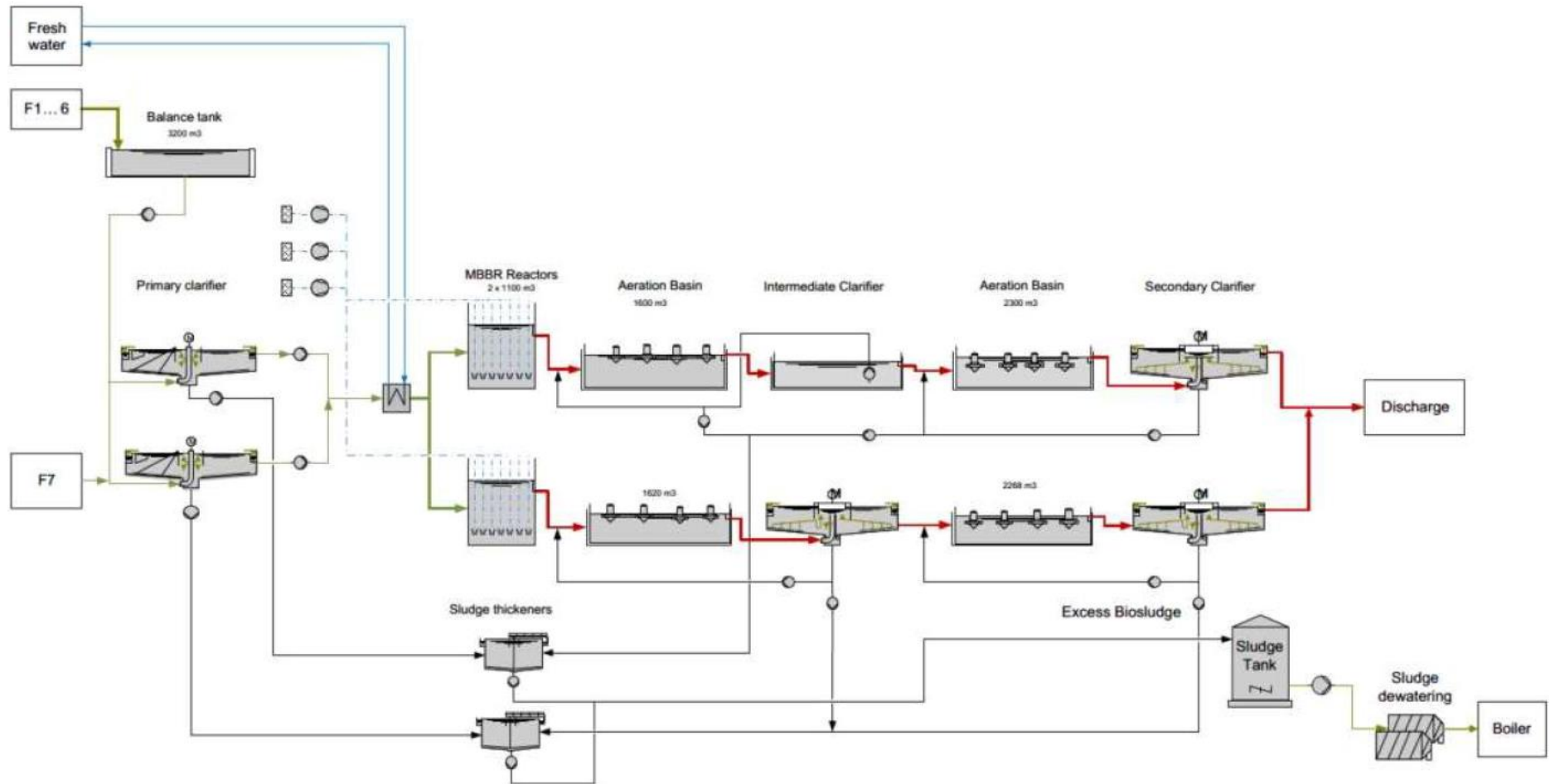
Conform het besluit met referentie OMV_2022086536 (d.d. 11-04-2023) is Stora Enso vergund om zijn productie om te vormen van gerecycleerd magazinepapier naar bruin verpakkingspapier. Deze conversie is gepland gepaard te gaan met een uitbreiding van de waterzuivering om een hogere CZV-vracht te kunnen verwijderen en een lagere CZV-effluent concentratie te bekomen. Onder andere anaerobe reactoren, om het meest beladen influent te verwerken, en een flotatie eenheid als tertiaire zuivering ter verwijdering van de overige zwevende stoffen en particuliere CZV, zijn voorzien als uitbreidingen (zie Afbeelding 3.2).

Aangezien de investering in de conversie van de productie werd uitgesteld, werd ook de uitbouw van de waterzuivering nog niet uitgevoerd. De omgevingsvergunning voor de conversie verloopt in april 2028. Op vandaag wordt de investeringsbeslissing in 2026 verwacht. Gezien de nood aan PFAS-verwijderingscapaciteit is het de bedoeling om de uitbreiding van de waterzuivering met een tertiaire zuivering (flotatie-eenheid) vooruit te schuiven en operationeel te laten zijn in april 2027.

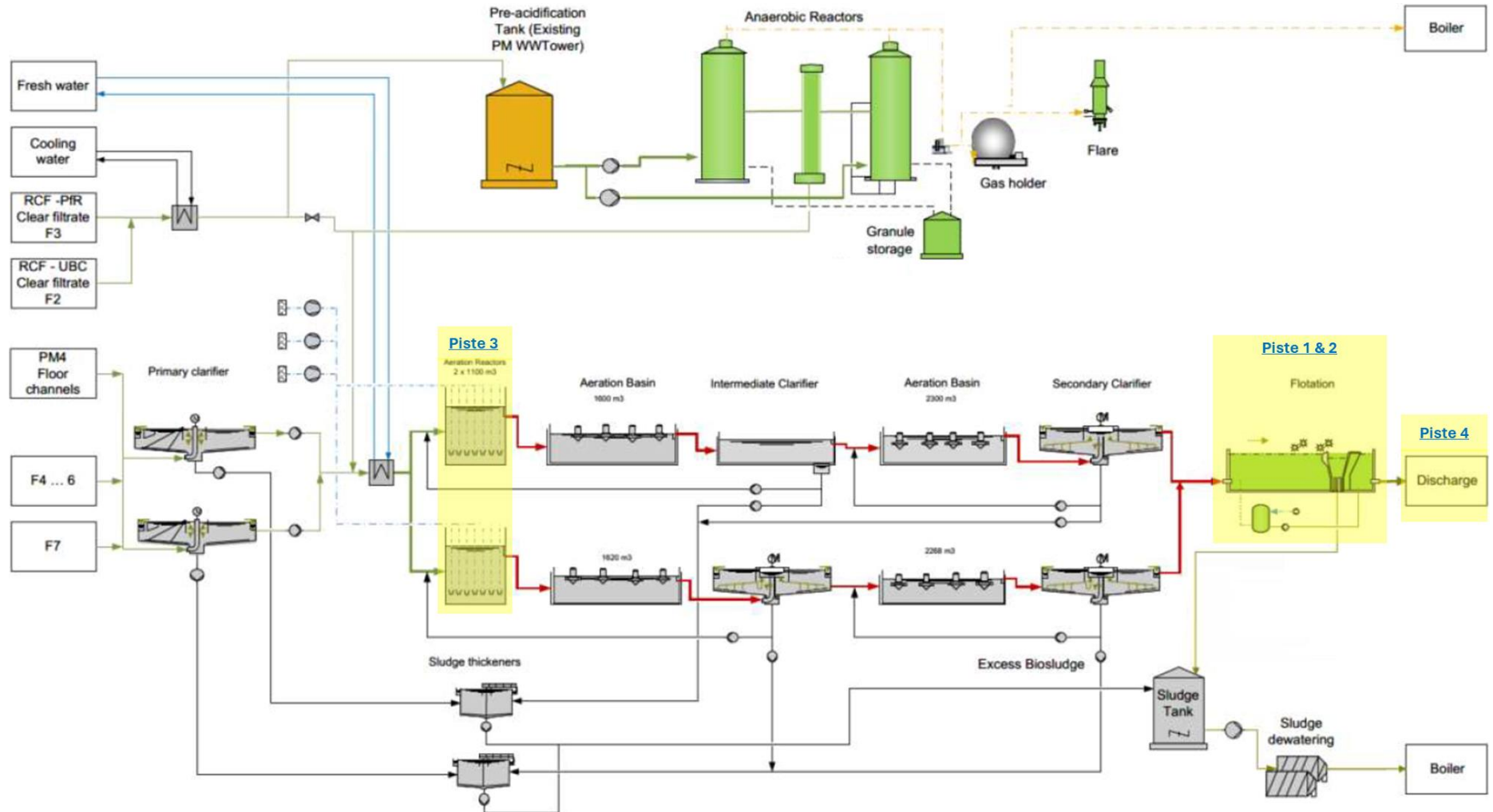
Er werd verwacht dat de conversie van de productie een verlaging van de PFAS-toevoeging zou teweegbrengen. Om dit na te gaan werd aan de hand van een meetcampagne een vergelijking gemaakt met de zusterfabriek van Stora Enso in Polen die gerecycleerd bruin verpakkingspapier produceert en dus sterk vergelijkbaar is met geplande situatie in Langerbrugge. In Tabel 3 zijn de resultaten van de meetcampagne in Polen¹ en de vergelijking met de gem. Δ -lozing in Langerbrugge weergegeven. De Δ -lozingsconcentraties in Polen lagen tijdens de meetcampagne in dezelfde grootteorde als de Δ -lozingsconcentraties in Langerbrugge. De voorlopige conclusie is dus dat er door de productieconversie weinig reductie in Δ -lozingsconcentraties in Langerbrugge verwacht wordt. De productie van bruin verpakkingspapier vergt wel een lager waterverbruik waardoor de toegevoegde PFAS-vracht uit de productie zal dalen. Daarenboven wordt ook verwacht dat de PFAS-verontreiniging van de gerecycleerde papiergrondstof in de tijd zal afnemen gezien de stijgende aandacht, sortering en regelgeving betreffende deze problematiek.

¹ De stalen uit Polen werden geanalyseerd op PFAS door hetzelfde gecertificeerd labo (in België) als de stalen uit Langerbrugge.

Afbeelding 3.1 Schematisch overzicht van de huidige waterzuivering van Stora Enso



Afbeelding 3.2 Schematisch overzicht van de uitbreiding van de waterzuivering van Stora Enso zoals deze gepland was bij de conversie van de productie. De groen ingekleurde onderdelen zijn voorzien als uitbreiding. De gele aanduidingen tonen de onderdelen of plaatsen in de waterzuivering waarop de hieronder beschreven onderzoekspistes naar PFAS-verwijdering op inspelen.



Tabel 3.3 Meetresultaten van de zusterfabriek in Polen (van eind oktober 2024) en vergelijking van de Δ -lozingsconcentraties. Indien de gemiddelde Δ -lozingsconcentraties in Polen (bruin verpakkingspapier) hoger zijn dan in België (wit magazinepapier) zijn ze rood gekleurd

Zusterfabriek in Polen	Opname (ng/l) 24-27 okt	Lozing (ng/l) 24-25 okt	Lozing (ng/l) 26-27 okt	Vergelijking Δ lozing Polen / Δ lozing België
som PFAS (kwantitatief+ indicatief)	3	246	224	-13 %
perfluor-n-butaanzuur (PFBA)	1	12	10	-73 %
perfluor-n-pentaanzuur (PFPeA)	<2	64	54	+142 %
perfluor-n-hexaanzuur (PFHxA)	2	32	27	+16 %
perfluor-n-heptaanzuur (PFHpA)	<1	7	5	-13 %
perfluor-n-octaanzuur (PFOA)	<1	27	26	-10 %
perfluor-n-nonaanzuur (PFNA)	<1	4	3	-47 %
perfluor-n-butaansulfonzuur (PFBS)	<1	9	9	-12 %
perfluor-n-octaansulfonzuur (PFOS)	<1	11	6	-80 %
6:2 fluortelomeersulfonzuur (6:2 FTS)	<1	65	67	+148 %
4,8-dioxa-3H-perfluornonaanzuur (ADONA)	<1	1	2	Afw. in Langerbrugge
N-methylperfluor-n-butaansulfonylamide azijnzuur (MePFBSAA)	<2	14	15	+4 %

3.2.3 Onderzoekspistes

Gezien de complexe aard van de problematiek (heel hoog debiet en vrij hoge CZV-concentraties) wordt naar mogelijke combinaties van complementaire onderzoekspistes gekeken. Deze pistes zullen beoordeeld worden naar haalbaarheid inzake PFAS-verwijdering. De onderdelen of plaatsen in de waterzuivering waar de weerhouden onderzoekspistes op inspelen zijn aangeduid in Afbeelding 3.2. De details en motivering van elke piste is hieronder verder beschreven. De resultaten van de onderzoeken zullen reeds gedeeltelijk beschikbaar worden in de vergunningsprocedure en zullen periodiek gerapporteerd worden aan de adviserende instanties zoals de VMM.

Piste 1

Zoals weergegeven in Afbeelding 3.2 omvat de uitbreiding van de waterzuivering, in het kader van de conversie van de productie, een flotatie-eenheid aan het einde van de waterzuivering. Dit omwille van de verwachte te verwijderen zwevende stoffen (± 30 mg/l) en particuliere CZV (± 40 mg O₂/l). Deze flotatie-eenheid maakt het mogelijk om ook het particuliergebonden-PFAS te verwijderen en via de oppervlakreactieve eigenschappen van PFAS-verbindingen de opgeloste concentraties mogelijk gedeeltelijk te verwijderen. Vooreerst wordt onderzocht welk aandeel van de aanwezige PFAS-concentraties particulier gebonden zijn in de lozing van Stora Enso.

Piste 2

De voorgestelde onderzoekspistes omvatten in principe niet de meest gangbare methoden om PFAS te verwijderen, zoals de inzet van granulaire actieve koolfiltratie. Voor Stora Enso lijkt granulaire actieve koolfiltratie niet haalbaar omwille van het heel grote lozingsdebiet (in 2023 gem. 17.400 m³/dag = 725 m³/u). Rekeninghoudend met actieve koolfilters met een volume van 20 m³ (en een contacttijd van 30 min per filtereenheid) zouden er 18 straten actieve koolfilters aanwezig moeten zijn. Om een optimale inzet van deze actieve kool te bekomen zou elke straat 3 of 4 filters in serie moeten hebben. Het logistiek opereren van een veld met 54 tot 72 filterunits van 20 m³ lijkt praktisch onhaalbaar. Daarenboven zou de standtijd van deze filters heel beperkt zijn. Indien deze relatief optimaal gebruikt worden tot een CZV-belasting van 18 %

is er jaarlijks 6.350 ton granulaire actief kool nodig wat overeenkomt met 794 filtereenheden met 8 ton actief kool en circa 15 filterwissels per week. Een verbruik van 6.350 ton/jaar aan actief kool komt overeen met bijna 30 % van de jaarlijkse reactivatiecapaciteit van een gemiddelde reactivatieoven. In België zijn er op heden 8 à 10 reactivatieovens in werking. Los van het significante operationele kostenplaatje (± 15 à 17 miljoen EUR/jaar) is een dergelijk verbruik van adsorptiemiddelen niet wenselijk omdat productie, transport, regeneratie en destructie ervan ook een duidelijke negatieve (milieu)impact heeft¹.

Desondanks lijkt het interessant om een alternatieve inzet van actief kool te onderzoeken. Het inzetten van poederkool in een flotatie-eenheid (gezien de beperktere dosering) zal vermoedelijk geen volledige PFAS-verwijdering teweegbrengen, maar kan mogelijk een (veel) hogere efficiëntie hebben dan de meer gangbare inzet van granulaire kool. De combinatie van Piste 1 en 2 (de inzet van poederkool in de flotatie-eenheid) lijkt de meest vooruitgeschoven scenario, gezien deze op volle schaal kan ingezet worden de grootste kans geeft op PFAS-verwijdering tot onder de rapportagegrens².

Piste 3

In de eerste beluchtingsbekkens ($2 \times 1100 \text{ m}^3$) van de biologische zuivering wordt tot op heden antischuimmiddel toegevoegd om de schuimproductie voldoende te onderdrukken. Indien dit niet zou gebeuren schuimen deze ronde beluchtingsbekkens over. Indien deze beluchtingsbekkens worden omgebouwd met een systeem waarin het geproduceerde schuim kan opgevangen worden kan mogelijk een gedeelte van de influent-PFAS-concentratie verwijderd worden. Op het geproduceerde schuim kan vervolgens wel een gespecialiseerde schuimfractionatie-installatie worden ingezet om de PFAS-afvalwaterstroom verder in te dikken.

De eerste stap in deze 3^e piste is om de potentie van schuimfractionatie op het WZI-influent te screenen door middel van labotesten. Er dient te worden vermeld dat er bij de geplande (productie)conversie was voorzien om het beluchtingssysteem in de eerste beluchtingsbekkens om te vormen naar een Venturi jet beluchting. Dit kan een effect hebben op de schuimvorming en bijgevolg op de haalbaarheid van deze onderzoekspiste.

Piste 4

In overeenstemming met de lopende vergunningsaanvraag zal tegen april 2028 het lozingsdebiet van maximum $6.000.000 \text{ m}^3/\text{jaar}$ (in 2024) dalen naar maximum $5.000.000 \text{ m}^3/\text{jaar}$ (in 2028). Dit is een reductie van het lozingsdebiet met circa 15 %. Naast het algemeen verhogen van de efficiëntie van diverse watertoepassingen, zal deze reductie gerealiseerd worden door hergebruik van waterzuiveringseffluent na zuivering tot proceswater in een waterhergebruikinstallatie.

Gespecialiseerde schuimfractionatie-installaties vinden hun beperking voornamelijk in het verwerkingsdebiet. Het op volle schaal inzetten van deze techniek op het effluent lijkt daardoor weinig haalbaar. Het grootste type Surface Active Foam Fractionation (SAFF40) installatie van OPEC kan een debiet van 25 à $30 \text{ m}^3/\text{u}$ verwerken. Voor Stora Enso komt dit neer op 23 à 28 SAFF40-installaties met een CAPEX van 30 à 40 miljoen EUR en een OPEX van circa 1 miljoen EUR per jaar. Het reduceren van het met schuimfractionatie te verwerken debiet is daarom van groot belang. In deze optiek is het interessant om de mogelijkheid van deze techniek op een concentraatstroom van een waterhergebruikinstallatie te onderzoeken.

¹ Vilén *et al.*, 2022 ([sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479722019296](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479722019296));

He, 2012 (nature.berkeley.edu/classes/es196/projects/2012final/HeK_2012.pdf).

Hjaila *et al.*, 2013 ([researchgate.net/publication/257348904_Environmental_impact_associated_with_activated_carbon_preparation_from_olive-waste_cake_via_life_cycle_assessment](https://www.researchgate.net/publication/257348904_Environmental_impact_associated_with_activated_carbon_preparation_from_olive-waste_cake_via_life_cycle_assessment)).

² Rapportagegrens van 20 ng/l voor kwantitatieve PFAS en 50 ng/l voor indicatieve PFAS.

4 UITWERKING VOORSTEL NORMENKADER

4.1 Tijdelijk normenkader

Doordat de investeringsbeslissing voor de productieconversie nog niet werd genomen, werden de geplande uitbreidingen van de waterzuiveringsinstallatie (WZI) die hiermee gepaard gaan uitgesteld en werden nog geen aanpassingen gemaakt om PFAS efficiënt te kunnen verwijderen. Desalniettemin spreekt Stora Enso zijn ambitie uit om in de komende 2 jaar met bovenstaande onderzoekspistes en de daaruit volgende bevindingen de WZI aan te passen om PFAS zo goed mogelijk te verwijderen. De uitbreiding van de WZI met een tertiaire flotatie-eenheid wordt alvast vooruitgeschoven om operationeel te zijn in april 2027.

Om dit mogelijk te maken wordt een tijdelijk normenkader voor 2 jaar aangevraagd. Het voorgesteld PFAS-lozingsnormenkader werd uitgewerkt op basis van de Δ -lozingsconcentraties van 2024 (zie Tabel 2.1 en Tabel I.2 in Bijlage I) en omvat een combinatie van jaargemiddelde (JG-) en maximale bijzondere lozingsnormen (MAC-BLN) met behoudt van het deltaprincipe (zie verder). De voorgestelde Δ -JG-BLN en Δ -MAC-BLN (Tabel 4.1) komen respectievelijk overeen met 120 % van de waargenomen gemiddelde en maximale Δ -lozingsconcentraties. In totaal wordt voor 5 PFAS-verbindingen een Δ -JG-BLN aangevraagd boven de rapportagegrens en voor 13 PFAS-verbindingen een Δ -MAC-BLN aangevraagd boven de rapportagegrens. Ten opzichte van de huidige BLN (van 100 ng/l; zie Tabel 1.1) zijn de voorgestelde Δ -MAC-BLN normen 10 % tot 50 % lager en de voorgestelde Δ -JG-BLN 50 % tot 70 % lager.

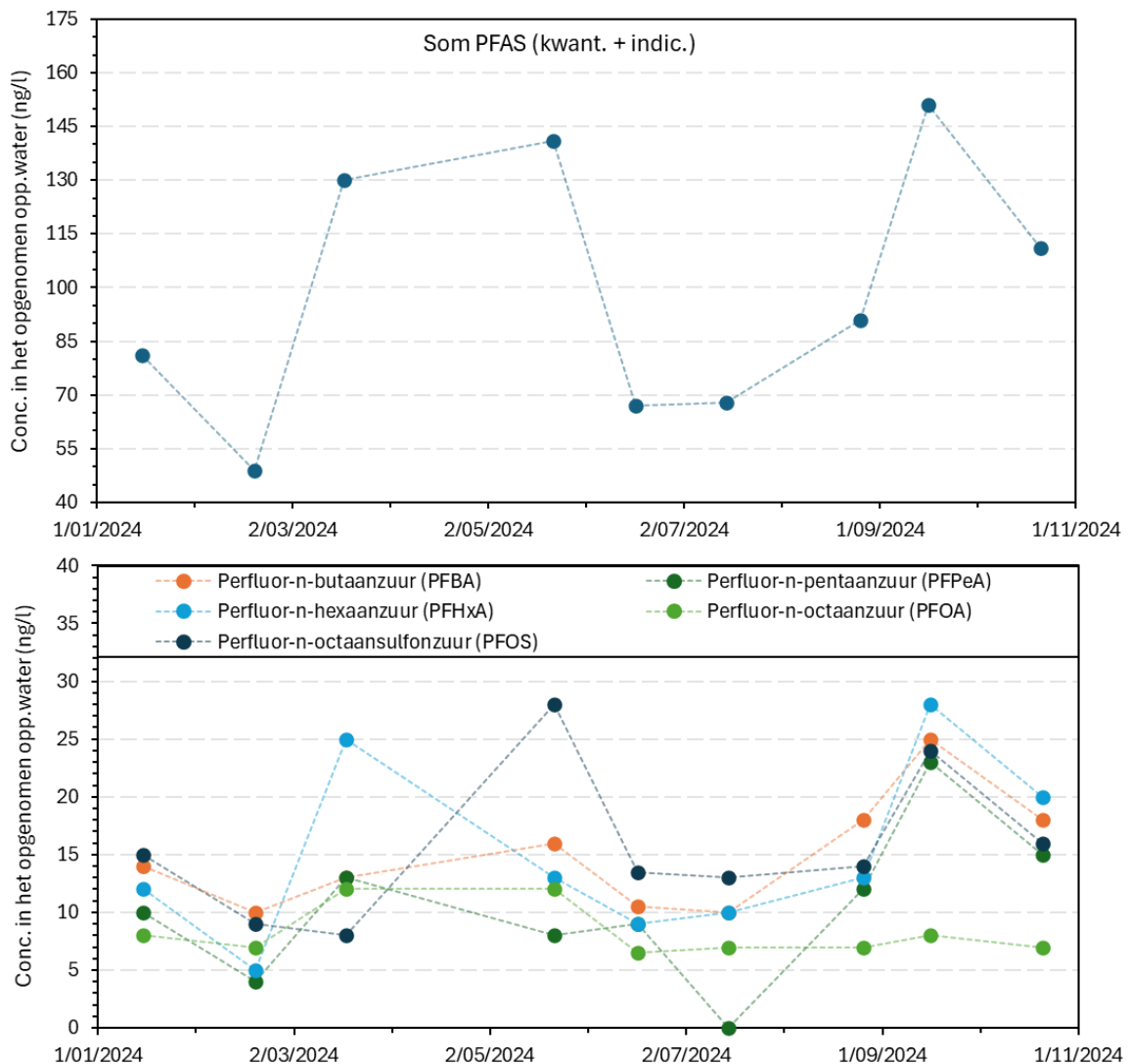
Tabel 4.1 Overzicht van de berekening van het voorgesteld lozingsnormenkader voor PFAS. Enkel de PFAS-verbindingen met minstens één waargenomen Δ -lozingsconcentraties boven de detectielimiet zijn hier weergegeven

	120 % x gem. Δ -lozing (ng/l)	Voorstel Δ -JG-BLN (ng/l)	120 % x max. Δ -lozing (ng/l)	Voorstel Δ -MAC-BLN (ng/l)
PFBA	45	45	61	60
PFPeA	29	30	68	70
PFHxA	28	30	47	50
PFHpA	8,3	RG = 20	16	RG = 20
PFOA	35	35	50	50
PFNA	8,0	RG = 20	12	RG = 20
PFDA	0,2	RG = 20	1,2	RG = 20
PFBS	12	RG = 20	61	60
PFPeS	0,9	RG = 20	4,8	RG = 20
PFHxS	20	RG = 20	73	75
PFHpS	0,2	RG = 20	1,2	RG = 20
PFOS	52	50	91	90
PFOSA	11	RG = 20	53	55
EtPFOSAA	5,7	RG = 20	26	30
6:2 FTS	32	RG = 50	61	60
8:2 FTS	0,2	RG = 20	1,2	RG = 20
GenX	0,3	RG = 20	2,4	RG = 20
MePFBSAA	17	RG = 20	37	40
PFHxSA	0,2	RG = 20	1,2	RG = 20
PFODA	6,5	RG = 50	52	55
6:2 diPAP	4,2	RG = 50	34	RG = 50
6:2/8:2 diPAP	8,0	RG = 50	64	65

4.2 Hantering deltaprincipe

De huidige hantering van het deltaprincipe is gevoelig aan onder- en overschattingen van de werkelijke toegevoegde concentratie. Dit omdat een staalname van het oppervlaktewater en van de lozing op dezelfde dag geen rekening houdt met de circa 2 dagen retentietijd¹ van het water in de productie (volume van 10.000 m³) en de waterzuivering (volume van 20.000 m³). Indien de PFAS-concentraties van het opgenomen water gedurende deze 2 dagen retentietijd stijgen of dalen en de opname én lozing vervolgens gelijktijdig worden geanalyseerd, zal dit aanleiding geven tot een respectievelijke onder- of overschatting van de effectieve Δ -lozingsconcentratie.

Afbeelding 4.1 Variatie in de tijd van de concentraties in het opgenomen proceswater uit de Nieuwe Kale voor de somconcentratie (kwantitatieve+indicatieve PFAS) en de verbindingen waarvoor op heden een bijzondere lozingsnorm van 100 ng/l geldt



De voorgestelde oplossing bestaat erin dat Stora Enso ook op de wateropname uit de Nieuwe Kale een automatische 24 uur-staalnamekast plaatst om de effectieve Δ -lozingsconcentratie veel nauwkeuriger te kunnen bepalen. Zo kan steeds het lozingsstaal van de voorbije dag (= dag -1) vergeleken worden met het opnamestaal van 2 dagen daarvoor (= dag -3). Zonder het toepassen van een dergelijke methodiek die rekening houdt met de retentietijd van het opgenomen water, is de bepaling van de Δ -lozingsconcentratie

¹ Bij een lozingsdebiet van circa 17.000 m³/dag.

onderhevig aan onder- en overschattingen wat voor de controle en handhaving van een maximale Δ -lozingsnorm (Δ -MAC-BLN) als problematisch mag aanzien worden. Daarom wordt voorgesteld dat momentane schepstalen enkel bruikbaar zijn voor de bepaling en controle van de JG- Δ -lozingsconcentratie/norm en dat de Δ -MAC-BLN enkel aan de hand van een 24 uur-staalnamekast kan gecontroleerd worden.

4.3 Voorgesteld monitoringprogramma

Het volgende maandelijkse monitoringsprogramma wordt voorgesteld ter bepaling en zelfcontrole van de PFAS Δ -lozingsnormen:

- op elke 2^e donderdag van de maand worden de volgende stalen analyseert op PFAS door een gecertificeerd labo:
 - het 24-uur staal van de lozing van de dag ervoor (dag -1 = 2^e woensdag van de maand);
 - het 24-uur staal van de opname uit de Nieuwe Kale (dag -3 = 2^e maandag van de maand);

Naast dit periodieke monitoringsprogramma zullen ook de nodige PFAS-analyses uitgevoerd worden op het waterzuiveringsinfluent en op intermediaire staalnamepunten in de waterzuivering. Dit om de vooruitgang in de behaalde verwijderingsefficiënties te onderzoeken en te rapporteren over de stand van zaken van de verschillende onderzoekspistes zoals beschreven in sectie 3.2.3.

5 CONCLUSIE

In voorliggende notitie werden onder andere:

- (1) de PFAS-meetdata van de bedrijfsafvalwaterlozing van Stora Enso geëvalueerd;
- (2) het PFAS-brononderzoek beschreven;
- (3) mogelijk haalbare onderzoekspistes gemotiveerd;
- (4) een tijdelijk PFAS-lozingsnormenkader (voor 2 jaar) voorgesteld.

Op basis van de bekomen informatie en data werden de volgende conclusies en aanbevelingen gemaakt:

- de verhoogde PFAS-concentraties in het bedrijfsafvalwater kunnen voornamelijk toegewezen worden aan uitloging uit de gerecycleerde papiergrondstof;
- bij een zusterfabriek in Polen, die gerecycleerd bruin verpakkingspapier produceert en vergelijkbaar is met de geplande situatie in Langerbrugge, werd een vergelijkbare PFAS toevoeging vastgesteld als de huidige toevoeging te Langerbrugge;
 - de productieconversie op zich zal dus hoogstwaarschijnlijk geen duidelijke positieve impact hebben op de PFAS-lozingsconcentratie te Langerbrugge;
- het verwijderen van PFAS bij Stora Enso is extreem uitdagend door:
 - het heel hoge (huidige en toekomstige) afvalwaterdebiet;
 - de relatief hoge CZV-concentratie van het afvalwater die hoofdzakelijk door lignine-achtige stoffen (i.e. niet-toxische natuurlijke polymeren) worden veroorzaakt;
- de volgende 4 complementaire onderzoekspistes zullen gevolgd en beoordeeld worden naar haalbaarheid om de PFAS-verontreiniging zoveel mogelijk uit het afvalwater te verwijderen:
 - de flotatie van het particuliere (en opgeloste) PFAS in het effluent van de WZI;
 - het doseren van poederkool in de voorziene tertiaire flotatie-eenheid van de WZI;
 - het stimuleren en afscheiden van de schuimvorming in de eerste beluchtingsstap om vervolgens dit schuim verder op te concentreren in een gespecialiseerde schuimfractionatie-eenheid;
 - het inzetten van gespecialiseerde schuimfractionatie (of een andere tertiaire verwijderingstechniek) op een concentraatstroom van een waterhergebruiksinstallatie op een deel van de lozing;
- ter bepaling en controle van de Δ -lozingsconcentraties voor PFAS (en zo mogelijk ook voor alle andere lozingsparameters) wordt een nauwkeurige staalnamemethodiek voorgesteld die rekening houdt met de circa 2 dagen retentietijd van het opgenomen proceswater:
 - deze maakt gebruik van 24 uur-staalnameskasten op zowel de proceswateropname als op de lozing;

- de Δ -lozingsconcentratie wordt dan bepaald door het lozingsstaal van de voorbije dag (= **dag -1**) te vergelijken met het opnamestaal van 2 dagen daarvoor (**dag -3**).

Rekeninghoudend met bovenstaande conclusies, wordt een tijdelijk lozingsnormenkader voorgesteld dat uitgaat van zowel jaargemiddelde (JG-) als maximale bijzondere lozingsnormen (MAC-BLN). Dit normenkader, samengevat in Tabel 5.1, wordt aangevraagd voor 2 jaar en wordt nodig geacht om de nodige maatregelen te kunnen treffen om de mogelijkheden naar PFAS-verwijdering verder te onderzoeken en deze (indien haalbaar) zo goed mogelijk te implementeren.

Tabel 5.1 Uitgewerkt voorstel PFAS-lozingsnormenkader voor het bedrijfsafvalwater van Stora Enso met jaargemiddelde (JG-) en maximale bijzondere lozingsnormen (MAC-BLN) die uitgaan van het deltaprincipe dat wordt toegepast op de wetenschappelijk meest correcte manier zoals hierboven beschreven

Parameter	Voorstel Δ JG-BLN (ng/l)	Voorstel Δ MAC-BLN (ng/l)
perfluor-n-butaanzuur (PFBA)	45	60
perfluor-n-pentaanzuur (PFPeA)	30	70
perfluor-n-hexaanzuur (PFHxA)	30	50
perfluor-n-octaanzuur (PFOA)	35	50
perfluor-n-butaansulfonzuur (PFBS)	RG = 20	60
perfluor-n-hexaansulfonzuur (PFHxS)	RG = 20	75
perfluor-n-octaansulfonzuur (PFOS)	50	90
perfluor-octaansulfonamide (PFOSA)	RG = 20	55
N-ethylperfluor-n-octaansulfonamido-azijnzuur (EtPFOSAA)	RG = 20	30
6:2 fluortelomeersulfonzuur (6:2 FTS)	RG = 50	60
N-methylperfluor-n-butaansulfonylamide azijnzuur (MePFBSAA)	RG = 20	40
perfluor-n-octadecaanzuur (PFODA)	RG = 50	55
6:2/8:2 fluortelomeerfosfaat diester (6:2/8:2 diPAP)	RG = 50	65
overige PFAS-verbindingen	RG = 20 of 50	RG = 20 of 50

BIJLAGE: RUWE DATA OPNAME- EN LOZINGSCONCENTRATIES, BEREKENING VAN DE DELTA-LOZINGSCONCENTRATIES EN VAN HET VOORGESTELD NORMENKADER

Tabel I.1 Achterliggende data voor 2024 van de lozingsconcentraties en opnameconcentraties ter bepaling van de delta(Δ)-lozingsconcentraties, zijnde de toegevoegde concentratie per individuele PFAS-verbinding tussen de opname uit de Nieuwe Kale en de lozing in het kanaal Gent-Terneuzen. Van de 9 metingen van de lozing en de 9 metingen van de opname zijn er 8 metingen op dezelfde dag uitgevoerd (groen gekleurd) en werd een delta(Δ)-lozingsconcentratie berekend in Tabel I.2. Enkel de verbindingen met minstens 1 meting van de lozingsconcentratie boven de detectielimiet zijn hier weergegeven

	Lozingsconcentraties (ng/l)									Opnameconcentraties (ng/l)								
	19-02	18-03	15-04	22-05	17-06	15-07	26-08	16-09	21-10	15-01	19-02	18-03	22-05	17-06	15-07	26-08	16-09	21-10
som PFAS (kwantitatief+ indicatief)	246	405	789	357	239	279	621	462	195	81	49	130	141	67	68	91	151	111
perfluor-n-butaanzuur (PFBA)	41	6	31	20	<20	61	210	46	<20	14	10	13	16	10,5	10	18	25	18
perfluor-n-pentaanzuur (PFPeA)	61	37	160	55	<50	<15	26	76	<40	10	4	13	8	9	<4	12	23	15
perfluor-n-hexaanzuur (PFHxA)	44	34	84	42	38	32	45	57	<20	12	5	25	13	9	10	13	28	20
perfluor-n-heptaanzuur (PFHpA)	15	12	27	13	11	<8	14	18	<20	4	3	8	5	3	4	4	5	5
perfluor-n-octaanzuur (PFOA)	27	34	40	39	37	49	44	42	31	8	7	12	12	6,5	7	7	8	7
perfluor-n-nonaanzuur (PFNA)	9	8	7	8	10	9	12	<10	<20	<1	<1	<1	1	<1	<1	2	2	1
perfluor-n-decaanzuur (PFDA)	<5	<2	<2	1	<5	<8	<10	<10	<20	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1	2	1
perfluor-n-butaansulfonzuur (PFBS)	14	51	76	15	<25	<16	11	12	<20	5	5	<8	6	4,5	4	3	7	6
perfluor-n-pentaansulfonzuur (PFPeS)	<5	<1	<1	5	5	<8	<10	<10	<20	<1	<1	1	3	1	<1	2	2	1
perfluor-n-hexaansulfonzuur (PFHxS)	<5	6	<30	54	20	<30	67	12	36	7	4	6	29	6	6	6	6	7
perfluor-n-heptaansulfonzuur (PFHpS)	<5	<1	<2	1	<5	<8	<10	<10	<20	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<2	<1	<1
perfluor-n-octaansulfonzuur (PFOS)	<5	43	56	61	43	47	84	100	84	15	9	8	28	13,5	13	14	24	16
perfluor-octaansulfonamide (PFOSA)	<5	<1	<3	1	10	52	16	<10	<20	<1	<1	<1	<1	<1	8	<2	<3	<1
N-ethylperfluor-n-octaansulfonamido-azijnzuur (EtFOSAA)	<5	<5	4	2	<5	<8	22	14	<40	<1	<1	<1	<1	0,5	<1	<1	<1	<1
6:2 fluortelomeersulfonzuur (6:2 FTS)	19	39	290	29	42	29	37	61	44	5	2	44	20	2,5	3	2	10	9
8:2 fluortelomeersulfonzuur (8:2 FTS)	<5	1	3	<1	<5	<8	<10	<10	<20	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
perfluor-2-propoxypropanzuur (GenX)	<5	<1	<4	2	<10	<8	<10	<20	<20	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
N-methylperfluor-n-butaansulfonamide azijnzuur (MePFBSAA)	16	10	11	8	23	<16	33	24	<40	<2	<2	<2	<2	<2	<2	2	<2	2
perfluor-n-hexaansulfonamide (PFHxSA)	<5	<1	<1	1	<5	<8	<10	<10	<20	<1	<1	<1	<1	<1	1	<1	<1	<1
perfluor-n-octadecaanzuur (PFODA)	<10	43	<3	<2	<10	<16	<20	<20	<40	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
6:2 fluortelomeerfosfaat diester (6:2 diPAP)	<50	28	<10	<10	<50	<80	<100	<100	<200	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
6:2/8:2 fluortelomeerfosfaat diester (6:2/8:2 diPAP)	<50	53	<10	<10	<50	<80	<100	<100	<200	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10

Tabel I.2 Berekende delta(Δ)-lozingsconcentraties voor 2024 op basis van de opname- en lozingsconcentratie zoals weergegeven in Tabel I.1. Op basis van deze Δ -lozingsconcentraties is een voorstel voor delta jaargemiddelde bijzondere lozingsnormen (Δ -JG-BLN) en delta maximale bijzondere lozingsnormen (Δ -MAC-BLN) uitgewerkt uitgaande van 120 % van de waargenomen gemiddelde Δ -lozingsconcentraties en 120 % van de maximale Δ -lozingsconcentraties. Voor de PFAS-verbindingen die hier niet zijn weergegeven was er geen enkele lozingsconcentratie boven de detectielimiet

	Δ Lozingsconcentratie (ng/l)								Gem (ng/l)	Gem x 120 % (ng/l)	Voorstel Δ JG-BLN (ng/l)	Max. (ng/l)	Max. x 120 % (ng/l)	Voorstel Δ MAC-BLN (ng/l)
	19-02	18-03	22-05	17-06	15-07	16-08	16-09	21-10						
som PFAS (kwantitatief+ indicatief)	210	288	216	198	228	538	326	156	270	324	195	682	818	760
perfluor-n-butaanzuur (PFBA)	31	0	4	0	51	192	21	0	37	45	45	51	61	60
perfluor-n-pentaanzuur (PFPeA)	57	24	47	0	0	14	53	0	24	29	30	57	68	70
perfluor-n-hexaanzuur (PFHxA)	39	9	29	29	22	32	29	0	24	28	30	39	47	50
perfluor-n-heptaanzuur (PFHpA)	12	4	8	8	0	10	13	0	6,9	8,3	RG = 20	13	15,6	RG = 20
perfluor-n-octaanzuur (PFOA)	20	22	27	31	42	37	34	24	30	35	35	42	50	50
perfluor-n-nonaanzuur (PFNA)	9	8	7	10	9	10	0	0	6,6	8,0	RG = 20	10	12,0	RG = 20
perfluor-n-decaanzuur (PFDA)	0	0	1	0	0	0	0	0	0,1	0,2	RG = 20	1	1,2	RG = 20
perfluor-n-butaansulfonzuur (PFBS)	9	51	9	0	0	8	5	0	10	12,3	RG = 20	51	61	60
perfluor-n-pentaansulfonzuur (PFPeS)	0	0	2	4	0	0	0	0	0,8	0,9	RG = 20	4	4,8	RG = 20
perfluor-n-hexaansulfonzuur (PFHxS)	0	0	25	14	0	61	6	29	17	20,3	RG = 20	61	73	75
perfluor-n-heptaansulfonzuur (PFHpS)	0	0	1	0	0	0	0	0	0,1	0,2	RG = 20	1	1,2	RG = 20
perfluor-n-octaansulfonzuur (PFOS)	0	35	33	30	34	70	76	68	43	52	50	76	91	90
perfluor-octaansulfonamide (PFOSA)	0	0	1	10	44	16	0	0	8,9	10,7	RG = 20	44	53	55
N-ethylperfluor-n-octaansulfonamido-azijnzuur (EtPFOSAA)	0	0	2	0	0	22	14	0	4,8	5,7	RG = 20	22	26	30
6:2 fluortelomeersulfonzuur (6:2FTS)	17	0	9	40	26	35	51	35	27	31,9	RG = 50	51	61	60
8:2 fluortelomeersulfonzuur (8:2 FTS)	0	1	0	0	0	0	0	0	0,1	0,2	RG = 20	1	1,2	RG = 20
perfluor-2-propoxypropanzuur (GenX)	0	0	2	0	0	0	0	0	0,3	0,3	RG = 20	2	2,4	RG = 20
N-methylperfluor-n-butaansulfonamide azijnzuur (MePFBSAA)	16	10	8	23	0	31	24	0	14	16,8	RG = 20	31	37	40
perfluor-n-hexaansulfonamide (PFHxSA)	0	0	1	0	0	0	0	0	0,1	0,2	RG = 20	1	1,2	RG = 20
perfluor-n-octadecaanzuur (PFODA)	0	43	0	0	0	0	0	0	5,4	6,5	RG = 50	43	52	55
6:2 Fluortelomeerfosfaat diester (6:2 diPAP)	0	28	0	0	0	0	0	0	3,5	4,2	RG = 50	28	33,6	RG = 50
6:2/8:2 fluortelomeerfosfaat diester (6:2/8:2 diPAP)	0	53	0	0	0	0	0	0	6,6	8,0	RG = 50	53	64	65