

Onderzoek naar opties voor kwaliteitseisen voor verspreiding van PFAS houdende zoute baggerspecie in kustwateren



Onderzoek naar opties voor kwaliteitseisen voor verspreiding van PFAS houdende zoute baggerspecie in kustwateren

Auteur(s)

Joost Stronkhorst

Leonard Osté

Onderzoek naar opties voor kwaliteitseisen voor verspreiding van PFAS houdende zoute baggerspecie in kustwateren

Opdrachtgever	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
Contactpersoon	Trudie Crommentuijn
Referenties	
Trefwoorden	PFAS, zoute baggerspecie, normering, verspreiding, Noordzee, deltawateren, Waddenzee

Documentgegevens

Versie	2.1
Datum	27-05-2021
Projectnummer	11205535-000
Document ID	11205535-000-ZWS-0010
Pagina's	44
Classificatie	
Status	definitief

Auteur(s)

	Joost Stronkhorst	
	Leonard Osté	

Doc. Versie	Auteur	Controle	Akkoord	Publicatie
1.1	Leonard Osté	Sonja Pans	Gerard Blom	

Samenvatting

In voorliggende studie is de consequentie onderzocht van het uitbreiden van de huidige stoffenlijst in de Zoute Baggertoets (ZBT) met PFAS-verbindingen.

Uit het brede scala aan PFAS verbindingen zijn drie verbindingen geselecteerd waarvoor toetswaarden zijn opgesteld, te weten: 1. Het gehalte aan PFOS in baggerspecie, omdat deze stof in relatief hoge gehalten voorkomt in sediment en het sterkst accumuleert in zeevis en zeezoogdieren, 2. Het gehalte aan EtFOSAA en 3. het gehalte aan MeFOSAA omdat beide stoffen in relatief hoge gehalten kunnen voorkomen in havensediment en in het milieu omgezet worden tot PFOS (zogenaamde precursors) en 4. de som van de gehalten aan PFOS, EtFOSAA en MeFOSAA.

Er is een eerste globale inschatting gemaakt van de hoeveelheid PFOS en EtFOSAA die via baggerspecie in de Noordzee wordt gebracht en vergeleken met de hoeveelheid die via de Nieuwe Waterweg in zee terecht komt. Van de totale vracht aan PFOS (baggerspecie plus rivierafvoer via opgeloste fractie en gebonden aan zwevende stof) is de bijdrage van baggerspecie beperkt tot ca. 5%. In het geval van EtFOSAA is de bijdrage hoger, namelijk 37%, wat is toe te schrijven aan lage concentraties in oppervlaktewater en zwevend stof, mogelijk vanwege omzetting naar PFOS. Verder kent EtFOSAA een sterkere chemische binding aan sediment. Voor andere verbindingen die zijn genormeerd in de ZBT, zoals PCBs en PAKs is de bijdrage van de bagger aan de totale vracht in orde van grootte 70%. De totale jaarlijkse input van EtFOSAA en PFOS via rivierafvoer en baggerspecie uit Rijnmond bedraagt respectievelijk ~10 kg en ~100 kg. MeFOSAA is niet in beschouwing genomen omdat er geen data in zwevend stof beschikbaar zijn.

Er zijn vier methoden beschouwd voor het afleiden van een PFAS toetswaarde in havensediment, namelijk op grond van 1) milieubescherming volgens van KRW normen voor water, 2) stand-still niveau van het ontvangend milieu (de Noordzee), 3) stand-still niveau in milieu van herkomst (Nederlands oppervlaktewater) en 4) een vergelijking met toetswaarden die in het buitenland worden gebruikt. De afgeleide toetswaarden zijn weergegeven in onderstaande tabel (3^e kolom) en zijn gebaseerd op methoden 2 en 4; de andere methoden leverde geen bruikbare resultaten op. Als ondergrens van de toetswaarde is het hoogste gehalte in referentiesediment aangehouden, als bovengrens is het Herverontreinigingsniveau gehanteerd zoals die zijn vastgesteld voor zoete oppervlaktewateren. Aanvullend is een somnorm gedefinieerd voor de gecombineerde belasting van PFOS en haar precursors EtFOSAA en MeFOSAA.

Recent hebben havenbedrijven en Rijkswaterstaat meetcampagnes uitgevoerd naar PFAS in havenslib, te weten in Rijnmond (2019 en 2020) en in elf havens langs de Waddenzee, Eems-Dollard en Zuidwestelijke delta (2019). Er zijn 25-30 verschillende PFAS verbindingen in de zoute baggerspecie onderzocht door diverse laboratoria in Nederland en België.

Overschrijdingen van de toetswaarden trad niet op in de havens van IJmuiden, Vlissingen, Breskens en Yerseke, slechts incidenteel en in beperkte mate in de Eemshaven, Delfzijl, Hansweert en Terneuzen, maar voornamelijk in de Sloehaven en Rijnmond.

Voor beide laatst genoemde havens zijn de consequenties van de toetswaarden voor de verspreiding van havenslib op zee weergegeven als percentage van het meerjarige gemiddelde baggervolume dat voldoet aan de ZBT, te weten 6,9 Mm³ vanuit Rijnmond en 0,9 Mm³ vanuit Sloehaven.

Onderstaande tabel vat de resultaten samen. Wanneer de ZBT zou worden uitgebreid met een PFOS toetswaarde van 3,7 µg/kg heeft dit geen consequenties voor de verspreiding van baggerspecie uit Rijnmond. In het geval van de Sloehaven komt ca. 6% van de baggerspecie niet meer in aanmerking voor verspreiding in het oppervlaktewater; dit draagt bij aan het verbeteren van de waterkwaliteit ter plaatse.

Een zeer groot deel van het havenslib uit zowel Sloehaven als Rijnmond voldoet niet aan de toetswaarden voor EtFOSAA en MeFOSAA. De bovengrens van de somtoets PFOS + EtFOSAA + MeFOSAA van 5,3 µg/kg lijkt vanuit milieu hygiënisch oogpunt gezien geschikt om opgenomen te worden in de Zoute Baggertoets omdat daarmee het meest PFAS vervuilde havenslib wordt geïdentificeerd. Op basis van de meetcampagne 2020 zou 7000 m³ havenslib uit Rijnmond en 60.000 m³ baggerspecie uit Sloehaven niet verspreid mogen worden (respectievelijk 0,1% en 31% van het gemiddelde jaarlijkse baggervolume), hetgeen in principe een positief effect heeft op de waterkwaliteit ter plaatse.

Tabel 0. Percentage van het volume aan zoute baggerspecie uit Rijnmond en Sloehaven dat niet voldoet aan verschillende kwaliteitseisen voor PFAS.

Stof	Onder-en bovengrens	toetswaarde (µg/kg)	Rijnmond	Sloehaven
PFOS	ondergrens	1,4	4,0%	43,8%
	bovengrens	3,7	0,0%	6,3%
EtFOSAA	ondergrens	0,4	35,1%	62,5%
	bovengrens	0,8	4,4%	43,8%
MeFOSAA	ondergrens	0,7	11,7%	31,3%
	bovengrens	0,8	11,0%	31,3%
PFOS+EtFOSAA+MeFOSAA	ondergrens	4	1,9%	43,8%
	bovengrens	5,3	0,1%	31,3%

Aanbevolen wordt om, ten behoeve van effectief bronbeleid, nader onderzoek te doen naar PFAS emissies die leiden tot de vervuiling van havenslib, in het bijzonder in de Sloehaven en Rijnmond. Daarnaast wordt aanbevolen om de effectiviteit van PFAS emissiebeleid op de chemische kwaliteit van water, sediment en voedsel uit het kustwateren te monitoren.

Inhoud

	Samenvatting	4
1	Aanleiding en aanpak	8
1.1	Aanleiding	8
1.2	Aanpak	8
2	Selectie van de belangrijkste PFAS-verbindingen	10
2.1	Algemeen	10
2.2	Meest relevante PFAS-verbindingen in estuariëne en mariene sedimenten	11
3	Verspreiding baggerspecie op zee	14
3.1	Oorsprong van baggerslib	14
3.2	Verspreiding zoute baggerspecie in NL kustwater	14
3.3	Zoute Bagger Toets	17
3.3.1	Huidige rol	17
3.3.2	Historie	18
3.4	Analogie met de normering voor TBT	19
3.5	Vervuiling Noordzee; bijdrage baggerspecie versus rivierafvoer	20
4	Mogelijke toetswaarden voor PFAS	23
4.1	Milieubeschermingsnormen PFAS	24
4.2	Stand-still niveau van het ontvangend zeemilieu	24
4.2.1	Sedimenten Noordzee 2003	24
4.2.2	Sedimenten kustzone 2018-2020	25
4.2.3	Zwevende stof (2018-2020)	27
4.2.4	Andere Noordzeelanden	27
4.3	Stand-still niveau in milieu van herkomst	28
4.4	Internationaal vergelijk	28
4.5	Somnorm	29
4.6	Samenvatting	29
5	Consequenties toetswaarden voor verspreiden	31
5.1	Rijnmond (Rotterdamse havens)	31
5.1.1	Gegevens	31
5.1.2	Monitoring HbR 2020	32
5.1.3	Monitoring RWS	33
5.2	Overige havens	34
5.2.1	Gegevens	34
5.2.2	Monitoring 2019	34
5.2.3	Sloehaven 2019	35

5.3	Nader onderzoek	35
6	Conclusies en aanbevelingen	37
6.1	Conclusies	37
6.2	Aanbevelingen	38
7	Referenties	39
A	PFOS als OSPAR chemical for priority action	42
B	EtFOSAA: herkomst en gedrag	43
C	Monitoring Rijnmond 2019	44

1 Aanleiding en aanpak

1.1 Aanleiding

In vele landen is de vervuiling van bodems en waterbodems met poly- en perfluoralkylstoffen (PFAS) een milieuprobleem dat al geruime tijd bestaat. In Nederland staat deze vervuiling nu hoog op de agenda. Er zijn de afgelopen twee jaren maatregelen genomen en er is een tijdelijk handelingskader van kracht voor hergebruik van PFAS-houdende grond en baggerspecie (IenW, 2020). Het tijdelijk handelingskader zal in 2021 worden omgezet tot een definitief handelingskader. Het RIVM en Deltares ondersteunen de beleidsvoorbereiding van het Ministerie IenW.

In dit kader heeft IenW opdracht gegeven om te onderzoeken of een toetswaarde voor PFAS in zoute baggerspecie zinvol is, een aantal opties uit te werken en hiervan de consequenties voor de verspreiding van havenslib in het kustwater in beeld te brengen.

De vraag is hoe de huidige beoordeling van zoute baggerspecie, de z.g. Zoute Baggertoets (ZBT), uitgebreid moet worden met een toetswaarde voor PFAS en opgenomen moet worden in het Handelingskader. Dit document behandelt daarvoor de volgende deelvragen:

- Welke PFAS-verbindingen in zoute baggerspecie zijn het meest relevant om te beoordelen bij de verspreiding van baggerspecie op zee?
- Welke methode is het meest geschikt voor het afleiden van een toetswaarde voor één of meerdere PFAS-verbindingen?
- Wat zijn de implicaties van een PFAS toetswaarde voor de vrije verspreiding van havenslib in Nederlandse kustwateren (Eems-Dollard, Waddenzee, Hollandse kust en Deltawateren)?

1.2 Aanpak

De studie is opgebouwd uit de volgende stappen:

- Van de vele honderden PFAS-verbindingen die worden geproduceerd en mogelijk in het milieu terecht komen wordt een 25 tot 30-tal routinematig geanalyseerd in sediment. Van deze 25-30 verbindingen is een selectie gemaakt die het meest kritisch zijn in zoute baggerspecie op grond van de volgende twee factoren: 1) relatieve voorkomen in havensediment als gevolg van emissies, sediment/water partitie en persistentie en 2) bioaccumulatie in mariene organismen in de Noordzee. Hiervoor is een literatuuronderzoek uitgevoerd en zijn interviews gehouden met deskundigen¹. De uitkomsten worden in hoofdstuk 2 samengevat.
- De achtergronden van de Zoute Baggertoets (ZBT) worden in hoofdstuk 3 beschreven. Hiervoor is een literatuurstudie uitgevoerd en zijn gesprekken gevoerd met medewerkers² van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat die in de periode 2003-2007 betrokken waren bij de implementatie van de ZBT. Er is ingezoomd op de werkwijze die destijds is toegepast bij de introductie van een andere nieuwe toetswaarde, namelijk die voor Tributyltin (TBT), dit ter vergelijking van een eventuele introductie van een toetswaarde voor PFAS. Bovendien is een eerste globale vergelijking gemaakt van de vracht aan PFAS die via baggerspecie in zee verspreid wordt versus de vracht die via de rivierafvoer naar zee stroomt.

¹ Bert van Hattum (VU-IVM, Deltares), Pim de Voogt (UvA), en Stefan van Leeuwen (RIKILT)

² Peter van Zundert (I&W) en Cor Schipper (RWS-WVL)

- Voor het afleiden van een toetswaarde zijn vier benaderingen gevolgd die in hoofdstuk 4 worden besproken. Hiervoor is een inventarisatie uitgevoerd naar partitie coëfficiënten, waterkwaliteit normen, achtergrondgehalten in het kustwater en normstelling voor PFAS in het buitenland. De werkwijze is besproken in de wetenschappelijke klankbordgroep normstelling.
- Vervolgens zijn de consequenties in beeld gebracht van een mogelijke PFAS toetswaarde voor het verspreiden van baggerspecie. Dit is gedaan aan de hand van meest actuele monitoringsdata van PFAS in havenslib (hoofdstuk 5).

Het rapport sluit af met enkele aanbevelingen voor nader onderzoek.

Wij bedanken de volgende personen voor hun bijdragen aan deze studie:

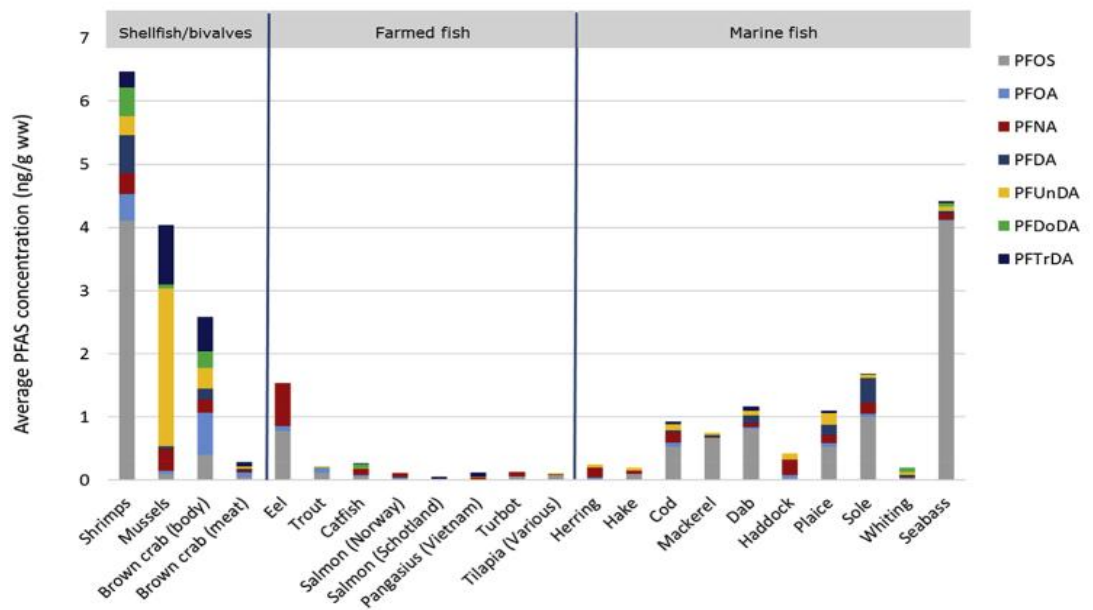
- Trudie Crommentuijn, Elmert de Boer, Dorien ten Hulscher en Anne Jans die de onderzoeksopdracht vanuit Rijkswaterstaat WVL hebben begeleid en het concept rapport hebben gereviewd;
- Marco Wensveen van Havenbedrijf Rotterdam, Joop van Dijk van Groningen Sea Port en Nico Durinck van North Sea Port die vanuit de havenbedrijven monitoringsgegevens hebben aangeleverd van gehalten aan PFAS in havenslib;
- Peter van Zundert (I&W) en Cor Schipper (RWS-WVL) voor het delen van hun ervaring bij de totstandkoming van de Zoute Baggertoets en Sander de Jong (RWS Z&D) voor informatie uit OSPAR rapportages m.b.t. het verspreiden van baggerspecie in Nederlands kustwater;
- Bert van Hattum (VU-IVM, Deltares), Pim de Voogt (UvA) en Stefan van Leeuwen (RIKILT) voor hun deskundig advies over PFAS analyses in het Nederlandse kustwater en
- Dr. David W. Moore, Director ERDC Center for Emerging Contaminants van de US Army Corps of Engineers voor zijn toelichting op PFAS criteria in de USA.

2 Selectie van de belangrijkste PFAS-verbindingen

2.1 Algemeen

Volgens de Europese regelgeving over de registratie, evaluatie en autorisatie van chemische stoffen (REACH) vallen PFAS onder de zogenaamde PBT stoffen (persistent, bioaccumulerend én toxisch) en zPzB stoffen (zeer persistent en sterk bioaccumulerend) waarvan de lozingen zoveel mogelijk beperkt moeten worden. In tegenstelling tot typische bioaccumulerende organische verbindingen zoals PCB's en dioxines, verdelen PFAS zich vanwege hun chemische structuur niet gemakkelijk in de vetweefsels van de vis. Deze verbindingen zijn niet lipofiel of hydrofiel maar eerder "proteïnofiel". Dit betekent dat de verbindingen zich bij voorkeur binden aan eiwitten in het bloed, de lever en andere eiwitrijke weefsels zoals spieren.

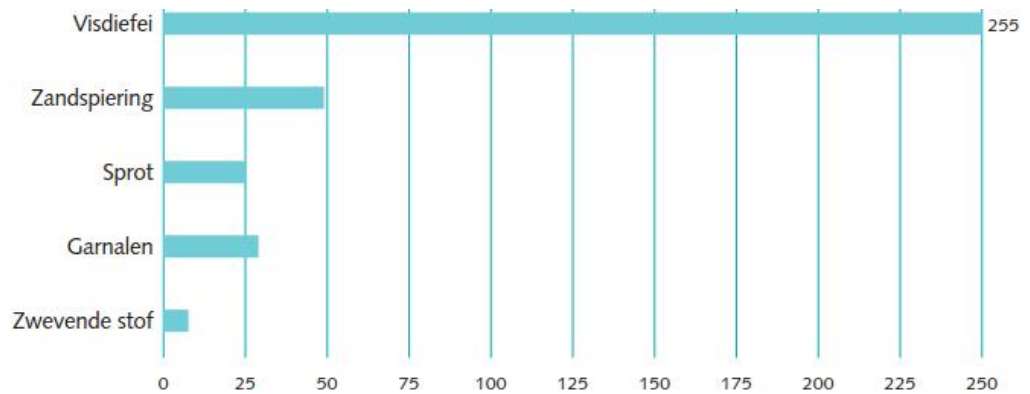
Uit een recente studie naar het voorkomen van PFAS in aquatische organismen in Nederlands oppervlaktewater (Zafeuraki et al., 2019) blijkt dat i) PFOS de dominante verbinding is met ii) hogere gehalten in schaal- en schelpdieren en zeevis ten opzichte van gekweekte vis (Figuur 2.1). De EU Environmental Quality Standard (EQS) voor PFOS van 9,1 ng/g nat gewicht³ wordt overschreden in garnaal uit de Eems-Dollard en met een factor 7 overschreden in paling uit het Kanaal Gent-Terneuzen; andere monsters van garnalen, schelpdieren en vis voldeden aan de norm. Overigens is deze norm nog niet aangepast aan de nieuwe gezondheidskundige grenswaarde van de Europese Voedselveiligheidsautoriteit EFSA die in Nederland mogelijk tot een strengere norm zal gaan leiden.



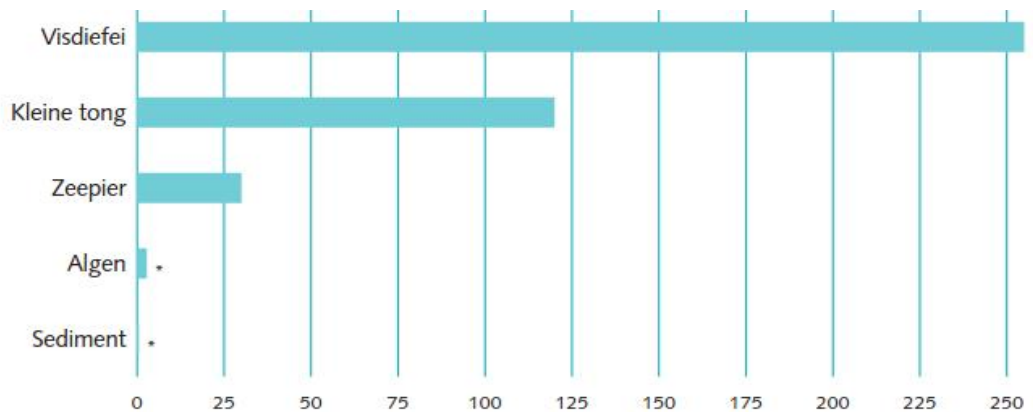
Figuur 2.1 Voorkomen van PFAS in aquatische organismen in Nederlands oppervlaktewater (Zafeuraki et al 2019).

³ gebaseerd op Total Daily Intake van 150 ng/kg lichaamsgewicht/dag, uitgaande van een lichaamsgewicht van 70 kg, een visconsumptie van 115 g/dag en een aanvaardbare bijdrage aan de PFOS-opname via vis van 10%.

Al in 2003 werd in de kustwateren van de Westerschelde de biomagnificatie van PFOS in het natuurlijke voedselweb vastgesteld (Åkerman et al, 2004). Figuur 2.2 en Figuur 2.3 tonen de oplopende gehalten in een pelagische resp. benthische voedselketen.



Figuur 2.2 Gehalten aan PFOS in een pelagische voedselketen in de Westerschelde ter hoogte van Terneuzen. Zwevende stof is uitgedrukt in ng/kg droge stof, biota in ng/kg natgewicht (Åkerman et al, 2004).



Figuur 2.3 Gehalten aan PFOS in een benthische voedselketen in de Westerschelde ter hoogte van Terneuzen. Zwevende stof is uitgedrukt in ng/kg droge stof, biota in ng/kg natgewicht. (*geeft aan dat de waarde rond de detectiegrens ligt)(Åkerman et al, 2004).

Rond het jaar 2000 zijn in de levers van dolfijnen, bruinvissen en gewone zeehonden uit de Noordzee nabij Denemarken 7 PFAS-verbindingen geanalyseerd waarvan PFOS de hoogste bijdrage had (resp. 65%, 89% en 93%) gevolgd door PFOSA (resp. 29%, 7% en 0,1%) (Galatius et al., 2013).

2.2 Meest relevante PFAS-verbindingen in estuariëne en mariene sedimenten

Momenteel worden ca. 30 PFAS-verbindingen op routinematige basis geanalyseerd in sediment door gecertificeerde laboratoria in Nederland en België.

PFOA (perfluorooctaan zuur) is een zeer bekende PFAS-verbinding en niet meegenomen in deze studie omdat deze stof vooral in de waterfase aangetroffen wordt (Van der Heuvel et al., 2006). PFOA heeft namelijk, bijvoorbeeld ten opzichte van PFOS, een 10x lagere partitie coëfficiënt K_d in zeewater (resp. 8 en 80 L/kg; Hong et al 2013) en een 10x lager log K_{ow} (resp. 5,3 en 6,3; Hopkins et al, 2018).

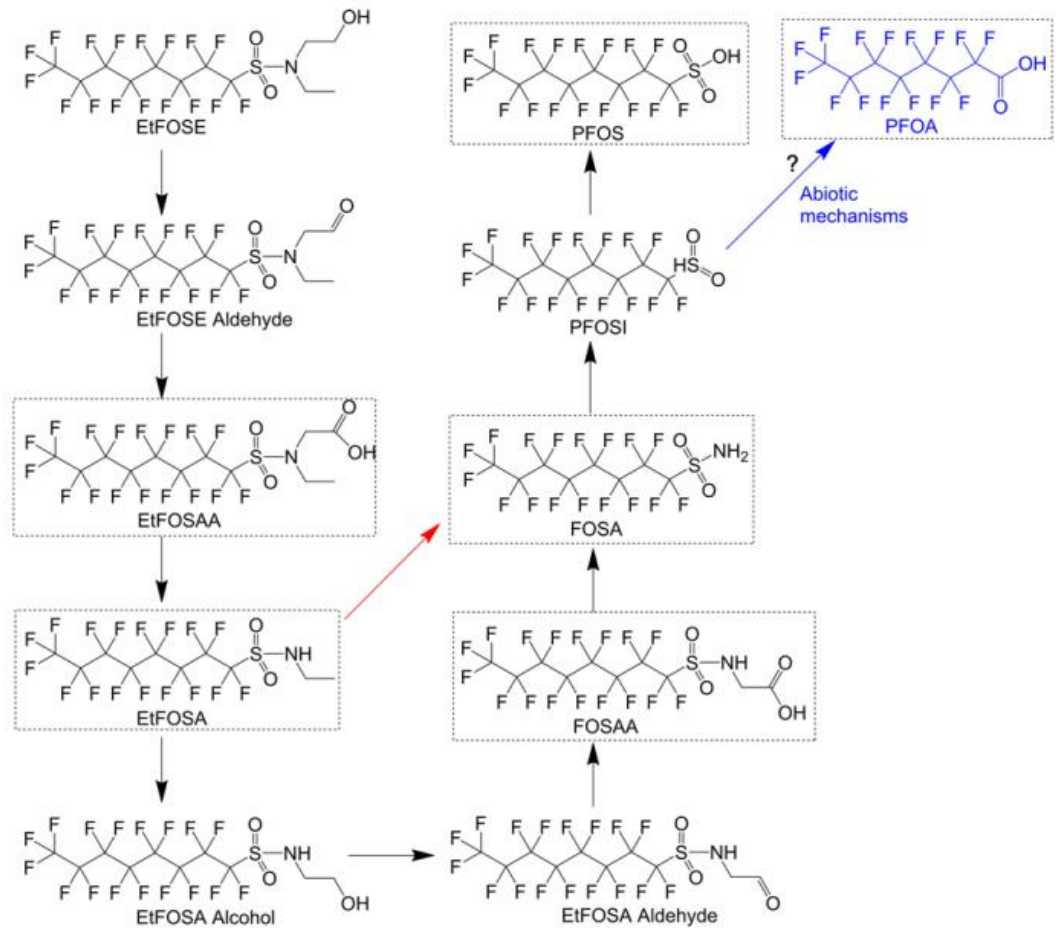
Zoals gezegd komt PFOS (perfluorooctylsulfonaat), ondanks dat in 2009 al een ban op het gebruik en productie werd ingevoerd⁴, in hoge gehalten voor in zeezoogdieren (Galatius et al., 2013) en wordt aangetroffen in vis bestemd voor menselijke consumptie. In de EU is het gebruik van PFOS en PFOA sinds 2010 verboden, andere PFAS worden nog wel toegepast. Van PFOS is bekend dat het zeer persistent is, bioaccumuleert en toxische effecten veroorzaakt (eiwitbindende effecten in menselijk bloed, lever en nieren, beroepsrisico (kanker) en lager geboortegewicht (Zie Expertise Centrum PFAS, 2018b; <https://www.emergingcontaminants.eu/index.php/background-info/Factsheets-PFOS-intro>). Sinds kort is ook bekend dat PFAS effecten hebben op het immuunsysteem (EFSA, 2020); dit is zoals gezegd nog niet verwerkt in de Nederlandse normstelling. Voor achtergrondinformatie wordt verwezen naar bijlage 1.

EtFOSAA (N-ethylperfluorooctaan-sulfonamidoazijnzuur) en MeFOSAA (N-methylperfluorooctaan-sulfonamide acetaat) zijn voorlopers van PFOS (Buck et al., 2011) en daarom van belang. EtFOSAA komt onder meer vrij bij de recycling van papier en wordt in het oppervlaktewater geloosd. Voor EtFOSAA en MeFOSAA geldt dat er nog geen gericht bronbeleid bestaat waardoor (lokaal) vervuiling van havenslib kan blijven plaatsvinden. Het zou ook kunnen dat EtFOSAA en MeFOSAA in sediment afbraakproducten zijn van andere PFAS die worden gebruikt, zoals EtFOSE en mogelijk ook SampAP diesters, al zijn er tegenstrijdige studies over de afbreekbaarheid van die laatste (Langberg et al., 2020). Zowel EtFOSAA als MeFOSAA worden in anaeroob sediment in hogere concentraties dan de meeste andere PFAS aangetroffen, mogelijk ook als gevolg van de afwezigheid van UV straling en hoger zoutgehalte door het zogenaamde salting-out effect (Hong et al., 2013). Voor sommige verbindingen kunnen estuaria inderdaad functioneren als bezinkput vanwege de verandering in het zoutgehalte en de daaruit samenhangende verandering in oplosbaarheid en verdelingsgedrag naar sediment (Pan & You, 2010; Wang, 2015).

PFAS-verbindingen met een langere koolstofketen, d.w.z. met 9-14 C-atomen, zijn vanwege hun persistentie in principe ook milieubezwaarlijk. Sommige van deze verbindingen hebben een hogere levertoxiciteit dan PFOS (Bil et al., 2020), maar de gehalten in sediment zijn doorgaans laag (<0,5 µg/kg)

Conclusie: PFOS, EtFOSAA en MeFOSAA zijn voor deze studie als meest relevant beschouwd. Zie Figuur 2.4 voor de molecuulstructuur van deze stoffen.

⁴ [Listing of POPs in the Stockholm Convention](#)



Figuur 2.4 De afbraakstappen van EtFOSE via EtFOSAA in PFOS (Liu et al., 2013). MeFOSAA lijkt sterk op EtFOSAA, behalve dat er aan N een CH3 groep zit in plaats van een CH₂-CH₃-groep.

3 Verspreiding baggerspecie op zee

3.1 Oorsprong van baggerslib

De bodem van het Nederlandse kustwater is opgebouwd uit sediment variërend van grof zand tot fijn slib. Wanneer grote volumes deels marien en deel fluviaal zand of slib bezinken in havens en vaargeulen zal het om nautische redenen gebaggerd worden. Het Nederlandse beleid beoogt dat zoveel mogelijk gebaggerde slib en zand in het kuststelsel wordt teruggebracht omdat:

- sediment een essentieel onderdeel is van aquatische ecosystemen,
- het zandvolume van het kustfundament op peil moet blijven i.v.m. waterveiligheid van laag-Nederland en andere functies van de kust.

Maar met baggeren en verspreiden van baggerslib worden ook vaak verontreinigingen verplaatst. Enerzijds kan slib al vervuild zijn voordat het de haven inkomt. Het baggeren en weer terugbrengen in de nabije omgeving veroorzaakt dan geen extra vervuiling. Anderzijds kan gebaggerd slib vervuild zijn geraakt door lozingen en scheepsactiviteiten in de haven zodat verspreiding op open water wel tot extra vervuiling leidt. De Zoute Baggertoets geeft aan welke vervuiling in het havenslib niet meer acceptabel is voor verspreiding op zee en in een depot moet worden opgeslagen.

3.2 Verspreiding zoute baggerspecie in NL kustwater

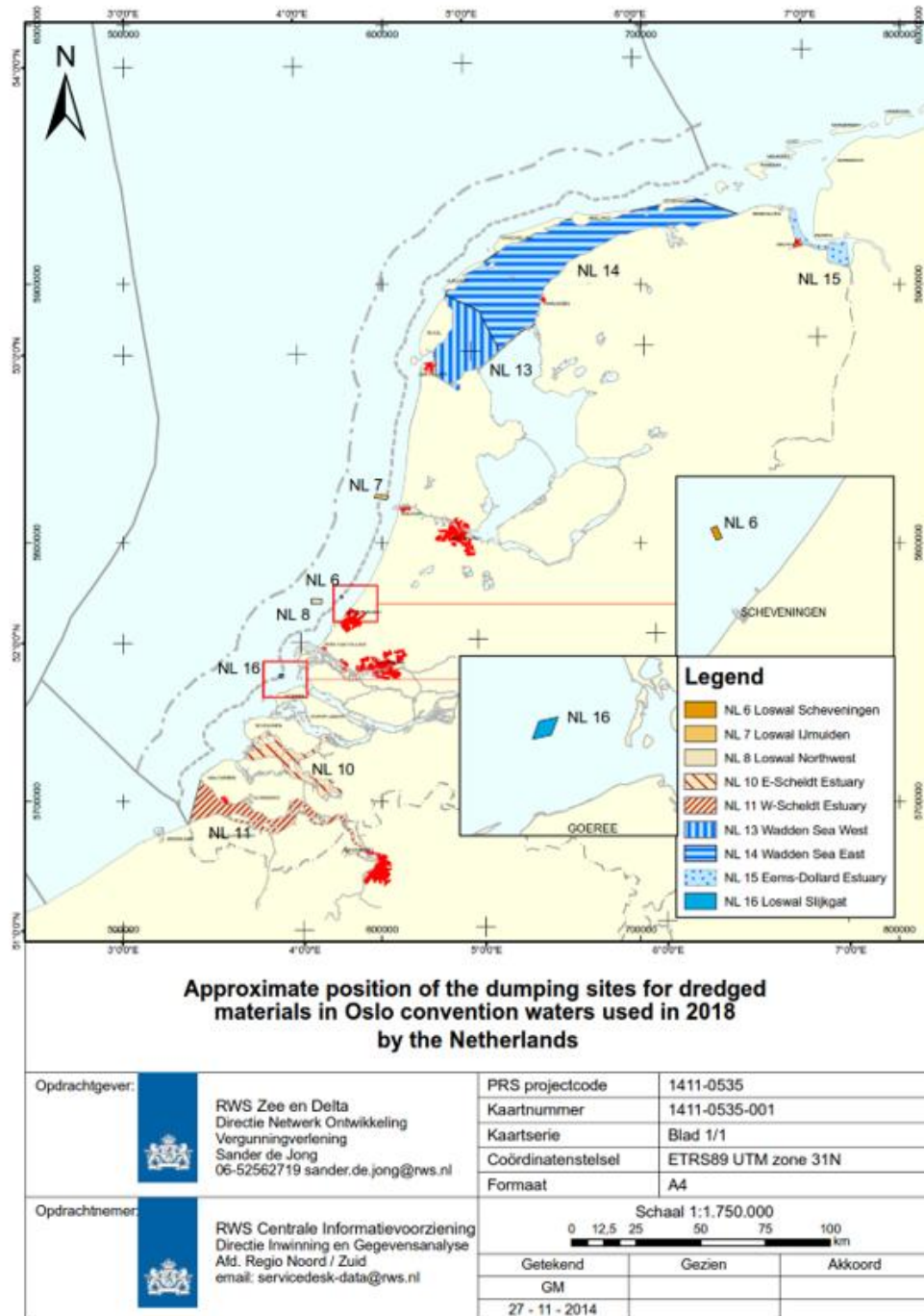
Zoute baggerspecie wordt verspreid op diverse loslocaties in de Eems-Dollard, Waddenzee, Hollandse kust en Ooster- en Westerschelde (Figuur 3.1). De hoeveelheid baggerspecie en de hoeveelheid vervuiling die daarmee in zee terecht komt verschilt sterk per toepassingslocatie; Tabel 3.1 geeft een indicatie op grond van de gemiddelde vrachten over de jaren 2015-2018; tussen jaren kunnen echter grote variaties bestaan.

Rijnmond (havengebied Rotterdam) heeft de grootste hoeveelheden baggerspecie en vracht aan contaminanten, gevolgd door Westerschelde en Eems-Dollard. In de beide laatst genoemde estuaria blijft een groot deel van de toegepaste baggerspecie aanwezig, slechts een deel komt in (open) zee.

Duitse en Belgische bagger- en verspreidingsactiviteiten in de Eems-Dollard en de Westerschelde zijn niet meegenomen in Tabel 3.1, maar worden wel getoetst volgens de Nederlandse regelgeving (Bbk). Vlaanderen voert jaarlijks een monstercampagne uit in de vaargeul van de Westerschelde conform NEN5720, waarna de analyseresultaten in januari aan Rijkswaterstaat worden gerapporteerd. In 2020 is PFAS voor het eerst onderzocht; bijna alle (zandige) sedimenten bevatten PFAS gehalten beneden de rapportage grens.

Tabel 3.1 Jaargemiddelde hoeveelheid baggerspecie, kwik (Hg), Polyaromatische koolwaterstoffen (Σ PAH9), Polychloorbifenylen (Σ PCB7) en tributyltin (TBT) verspreid op 9 aangewezen locaties langs de Nederlandse kust, periode 2015-2018 (bron: Rijkswaterstaat, OSPAR rapportages 2015-2018).

Loslocatie	Hoeveelheid bagger (ton droog gewicht)	Hg (ton)	Σ PAH9 (ton)	Σ PCB7 (kg)	TBT (kg)
NL-6 Scheveningen	246.584	0,0	0,2	2	0
NL-7 IJmuiden	955.237	0,3	1,1	11	6
NL-8 Rotterdam	6.122.133	1,7	6,6	49	23
NL-10 Oosterschelde	15.115	0,0	0,0	0	0
NL-11 Westerschelde	4.335.090	0,2	2,4	13	11
NL-13 Waddenzee West	152.435	0,0	0,1	0	0
NL-14 Waddenzee East	942.694	0,2	0,8	0	0
NL-15 Eems-Dollard	3.972.465	0,6	2,4	0	4
NL-16 Slijkgat	43.632	0,0	0,1	1	0



Figuur 3.1 Verspreidingslocaties voor zoute baggerspecie langs de Nederlandse kust

3.3 Zoute Bagger Toets

3.3.1 Huidige rol

De Zoute Baggertoets (ZBT) is ingesteld ter beperking van de vervuiling van het Nederlandse zeemilieu die kan optreden bij het verspreiden van vervuild havenslib op zogenaamde loslocaties in de Eems-Dollard, de Waddenzee, het Hollandse kustwater en de Deltawateren. De ZBT is onderdeel van het Besluit en de Regeling bodemkwaliteit (Bbk, Rbk). De procedure voor de bemonstering van baggerspecie is vastgelegd in NEN 5720 en de toetsing aan de normen voor dit type sediment vindt plaats met de Bodem Toets- en Validatieservice (BoToVa).

De Zoute Baggertoets is ingebed in:

- het nationale en internationale brongericht beleid gericht op preventie van de vervuiling van de zee, d.w.z. het voorkomen dat verontreinigingen überhaupt in het milieu komen,
- Internationaal afspraken over het verspreiden van baggerspecie in zee, te weten de London (Dumping) Convention⁵ en het OSPAR verdrag⁶.

De lijst met vervuilingen waarop getoetst wordt omvat zware metalen, minerale olie en diverse persistente organisch microverontreinigingen. De toetswaarden van de ZBT (Tabel 3.2) hebben een pragmatische basis en dienen als screeningsmethode voor het identificeren van de meest milieubezwaarlijke partijen baggerspecie; ze zijn niet direct gekoppeld aan algemene milieukwaliteitsnormen (MKN).

Tabel 3.2 ZBT parameters en toetswaarden (normen) voor de verspreiding van baggerspecie op zee

Stof	Norm (mg/kg)	Prior. Stof KRW
As	29	
Cd	4	Ja
Cr	120	
Cu	60	
Hg	1,2	Ja
Pb	110	Ja
Ni	45	Ja
Zn	365	
PAK (som 10)	8	Ja
HCB	0,02	Ja
PCB (som 7)	0,1	*
Som DDD, DDE, DDT	0,02	Ja
TBT (Wadden, Zeeuwse Delta)	250 µg Sn/kg ds	Ja
TBT (Noordzeekust)	115 µg Sn/kg ds	Ja
Minerale olie	1250	

* Geen prioritaire stof, maar PCB's zijn uitgezonderd van de regel voor 50% verhoging.

⁵ De [London Dumping Convention \(LDC\)](#) is in 1975 in werking getreden en was een van de eerste wereldwijde milieuregelgeving. In de jaren 90 is de LDC gemoderniseerd tot de London Protocol die sinds 2006 van kracht is. Een van de resoluties gaat specifiek over het gebruik van de annexen bij het beoordelen van baggerspecie in zee, namelijk Resolution [LDC.23\(10\)](#) Guidelines for the Application of the Annexes to the Disposal of Dredged Material at Sea; deze vervangt [Resolution LC.52\(18\) on a dredged material assessment framework](#).

⁶ OSPAR-richtlijnen specificeren de beste milieupraktijken (BEP) voor het beheer van o.a. baggerspecie in de Noordzee en NW Atlantische Oceaan. De meest recente versie is aangenomen in 2014 ([OSPAR Agreement 2014-06](#)). De OSPAR-richtlijnen bevatten geen verplichting voor het analyseren van PFAS.

Baggerspecie dat voldoet aan de ZBT kan in het kustwater verspreid worden. Zo niet dan moet de baggerspecie in een depot worden gestort, i.c. het Slufter depot aan de monding van de Nieuwe Waterweg. De overige baggerdepots in Nederland worden niet of nauwelijks gebruikt voor zoute bagger.

Het grootste deel van zoute baggerspecie in Nederland is geschikt voor verspreiding op zee. Dat is in lijn met de doelstelling om zoveel mogelijk sediment in het watersysteem te behouden (zie par. 3.1).

Het depot Slufter wordt hoofdzakelijk gebruikt voor vervuild havenslib uit Rotterdam. Actuele gegevens van de jaarlijkse monitoring in havenvakken in Rijnmond door Havenbedrijf Rotterdam laat zien dat in 2020 8% van de baggerspecie naar het depot ging, zijnde 0,64 Mm³ (zie Tabel 5.2).

3.3.2 Historie

In de vierde Nota waterhuishouding (1998) werd een nieuwe kwaliteitstoets aangekondigd voor de beoordeling van de verspreidbaarheid van baggerspecie in zoute wateren. Het onderzoek voor deze nieuwe toets, de zogenaamde Chemie-Toxiciteit-Toets (CTT), is beschreven in het rapport 'Baggerspecie in Zee; hoe regelen we dat verantwoord' (Stronkhorst et al., 2001) en 'De weg naar implementatie van de Chemie-Toxiciteit-Toets' (Schipper & Schouten, 2004). Vanaf juni 2004 werd de gangbare Uniforme Gehalte Toets (UGT) formeel vervangen door de CTT door publicatie in de Staatscourant van 18 juni 2004 (nr. 114), en gerectificeerd in de Staatscourant van 5 juli 2004 (nr. 125; opgenomen als bijlage 1). In de CTT werden t.o.v. de Uniforme Gehalte Toets:

- een aantal vereenvoudigingen doorgevoerd waaronder geen toetsing meer op overbodige parameters (o.a. linaan) en geen bodemtypecorrectie (op basis van het organisch stof en lutum gehalte);
- een onder- en bovengrens voor de stof TBT (100-250 µg Sn/kg droog sediment) toegevoegd aan de lijst met criteria; en
- bioassays opgenomen ter signalering voor direct biologische effecten van zoute baggerspecie op het zeemilieu. Waarden boven de signaleringswaarde voor deze bioassays vereisen nader onderzoek, maar leiden niet direct tot diskwalificatie voor verspreiding.

Twee wijzigingen hebben zich daarna voorgedaan. Ten eerste is, conform de tekst in de Staatscourant (2004), de CTT in 2006 geëvalueerd in het rapport 'Evaluatie van de Chemie-Toxiciteit-Toets' (Schipper & Klamer, 2006). Daaruit kwam naar voren dat de toegepaste bioassays die in 2004 al onvoldoende robuust voor een diskwalificerende rol waren, ook als signaalfunctie niet geschikt waren en daarom geen onderdeel meer uit moeten maken van de CTT. Hiermee valt de biologische component weg uit de CTT en werd de naam gewijzigd in Zoute Baggertoets (ZBT).

Ten tweede hanteerde RWS bij de toetsing op TBT een ondergrens van 115 µg Sn/kg i.p.v. 100 µg/kg, met als doel een trendbreuk te voorkomen in de hoeveelheid verspreidbare baggerspecie die op de Noordzee verspreid kon worden. De nieuwe ondergrens was gebaseerd op statistische meetspreiding van de in de afgelopen jaren naar zee gebrachte baggerspecie. Bezwaar van NGO Stichting Noordzee tegen deze hogere norm zijn ongegrond verklaard vanwege de geringe afwijking t.o.v. de ondergrens (RvS 2007; RvS 2008).

3.4 Analogie met de normering voor TBT

In 2003 werd Tributyltin (TBT) aan de CTT toegevoegd (Staatscourant, 2004). TBT is een zeer effectieve antifouling component in scheepsverf maar met een groot milieubezwaar. Vandaar dat er een wereldwijde ban op de productie van antifouling met TBT bestaat. Kan de uitbreiding van de Zoute baggertoets met TBT een voorbeeld zijn voor de huidige vraagstelling rond PFAS?

De overeenkomsten en verschillen zijn als volgt te typeren:

De overeenkomsten

- Beide stoffen zijn zeer bezwaarlijk voor het zeemilieu: zeer persistent en bioaccumulerend.
- De toetswaarde voor TBT is op pragmatische basis vastgesteld, is niet gerelateerd aan ecotoxicologische normen. Randvoorwaarde daarbij was dat de TBT toetswaarde niet moest leiden tot een trendbreuk in het volume aan niet-verspreidbare baggerspecie omdat
 - er anders geen *level playing field* is met zeehavens in omliggende landen;
 - het uitgangspunt is dat havenslib bestanddeel is van het kuststelsel en zoveel mogelijk moest worden teruggebracht (nuttige toepassing); en
 - zo minimaal aanspraak was op de beperkte depot capaciteit in Nederland. De Slufter is het enige depot waar sterk vervuilde zoute baggerspecie wordt opgeslagen. Aangezien er anno 2021 minder sterk verontreinigde bagger wordt afgevoerd naar depots, heeft de Slufter voldoende capaciteit beschikbaar.
- Voor TBT is de toetswaarde gedifferentieerd naar regio: Noordzeekust, Waddenzee en Zuidwestelijke Delta. Dit is mogelijk ook van belang voor PFAS.

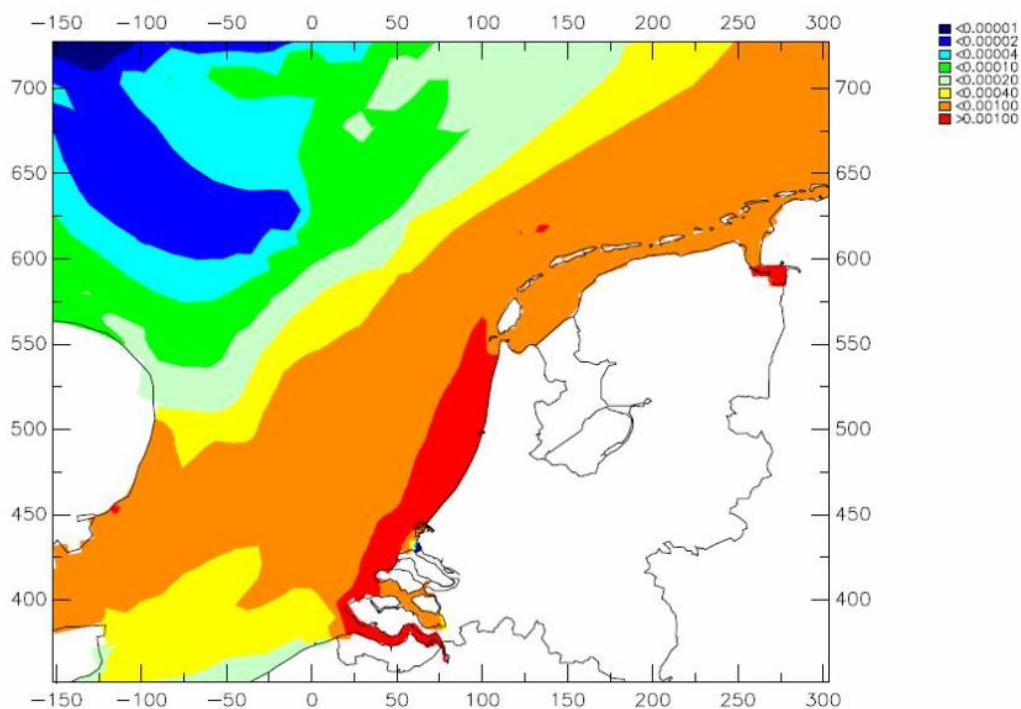
De verschillen

- TBT is een verbinding, terwijl PFAS een groep van vele verbindingen is.
- TBT is direct gerelateerd aan zeevaart en havens. Gehalten in havenslib variëren zeer sterk met hotspots bij onder meer scheepswerven. PFAS is doorgaans meer diffuus aanwezig, waardoor gehalten in havenslib doorgaans minder variëren.
- Kennis over de verspreiding en effecten van TBT zijn goed onderzocht door uitgebreide monitoring en modellering (Figuur 3.2). Dit geldt in mindere mate voor PFAS. De inschatting is dat verspreiding van zoute baggerspecie een beperkte bijdrage vormt aan het totale transport van PFAS naar zee, maar dit vraagt betere wetenschappelijk onderbouwing.
- Voor TBT bestaat bronbeleid: er is een ban op gebruik als antifouling op kleine schepen (EU, 1991) en grote zeeschepen (mondiaal, 2008). Dit beleid is effectief want de ecotoxicologische effecten zijn afgenomen (met zeeslakken als gevoelige indicator). De ZBT ondersteunde dit beleid ('saneringsspoor') door bagger-hotspots in het depot te bergen. Wat betreft PFAS bestaat er alleen een internationale afspraak over bronbeleid voor PFOS, al lopen er diverse procedures voor andere PFAS en is zelfs een traject opgestart om het gebruik van PFAS als stofgroep aan banden te leggen.
- De meeste OSPAR lidstaten hanteren een toetswaarde voor TBT. Dit creëert een *level playing field*. Er zijn geen andere lidstaten, maar ook geen andere landen (b.v. de VS) die een toetswaarde voor PFAS in baggerspecie hanteren.

Conclusie: De introductie van de TBT toetswaarde in 2003 is slechts voor een deel vergelijkbaar met een eventuele introductie in 2021 van een toetswaarde voor PFAS. Belangrijke issues blijven:

- er moet een brongericht beleid aanwezig zijn, anders levert het 'saneren' van vervuilde baggerspecie geen milieurendement op,
- een toetswaarde kan regionaal variëren en
- er moet een *level playing field* zijn met omliggende havens. Daarbij moet wel opgemerkt worden dat iedere OSPAR-lidstaat, en daarmee ook de daarbij behorende havens, zijn eigen specifieke oplossingen heeft voor het omgaan met bagger. Er is geen sprake van uniforme Europese of OSPAR regelgeving.

A)



B)

Broncategorie	2005	2009	2015	2021	2027
Scheepvaart	100%	10%	0%	0%	0%
Verspreiding van baggerspecie	100%	80%	10%	0%	0%
Uitstroming van rivieren.	100%	90%	80%	10%	0%
Concentratie in Kanaalwater	100%	90%	80%	70%	10%

Figuur 3.2 (A) Berekende concentratie TBT ($\mu\text{g/l}$) in zeewater in het jaar 2005 op basis van kennis over emissies en bronnen naar zee, de verspreiding door waterbeweging en slibtransport en de snelheid waarmee de stof afbreekt en accumuleert in bodem en biota (Van Gils & Friocourt, 2008). (B) Verwachte doorwerking van het mondiaal verbod vanaf 2008 m.b.t. het gebruik van TBT op de emissies in de periode 2009-2027 (Van Gils & Friocourt, 2008).

3.5 Vervuiling Noordzee; bijdrage baggerspecie versus rivierafvoer

De verontreinigingen van de Noordzee komt van diverse bronnen: rivieren, direct lozingen op zee, atmosferische depositie en baggerspecie. OSPAR lidstaten rapporteren deze afzonderlijke bronnen, maar data over PFAS ontbreken. Bovendien is er geen inzicht in de relatieve bijdragen van de afzonderlijke bronnen aan de totale vracht aan

microverontreinigingen naar de Noordzee. Bij een dergelijke vergelijking speelt het schaalniveau een belangrijke rol. Zo is atmosferische depositie van invloed op de gehele Noordzee en daarbuiten, de rivierafvoer is merkbaar langs de gehele kustzone terwijl de verspreiding van havenslib vooral van invloed zal zijn om de directe omgeving van de loswal.

Om toch een globale indruk te krijgen over de relatieve betekenis van baggerspecie is, met de haven van Rotterdam als voorbeeld, de verspreiding van havenslib op de Noordzee (loswal NW) vergeleken met de rivierafvoer via de Nieuwe Waterweg. Zowel de hoeveelheid als de verontreinigingsgraad van het water, het zwevende stof en het havenslib zijn in beschouwing genomen. De vergelijking is gemaakt op jaarbasis.

Naast PFOS en EtFOSAA zijn er nog twee klassieke stoffen, te weten PCB-153 en Benzo(a)Pyreen, in beschouwing genomen om daarmee de invloed van sediment-water partitie inzichtelijk te maken. Tenslotte is er nog een vracht berekend voor de som PFOS + EtFOSAA + MeFOSAA, waarbij voor MeFOSAA de zelfde concentratie in zwevend stof is aangenomen als EtFOSAA.

De volgende algemene uitgangspunten en gegevens zijn gehanteerd voor alle stoffen:

- de gemiddelde afvoer van de Rijn/Maas bij Maassluis van 1250 M³/s;
- de jaargemiddelde vracht van 1400 kton zwevende stof die volgens modelanalyse van Deltares (Hendriks en Schuurman, 2017) via de Nieuwe Waterweg naar de Noordzee gaat⁷;
- de jaarvracht aan baggerspecie van 6,1 Mton droge stof (jaren 2015-18) die door Nederland aan OSPAR wordt gerapporteerd (zie ook Tabel 3.1). Uitgaande van een dichtheid van 1200 kg/m³ komt dit overeen met een natvolume van 5,1 Mm³;
- een jaargemiddeld zwevende stof gehalte van 20 mg/l bij Maassluis.

Voor iedere stof afzonderlijk is uitgegaan van de volgende meetgegevens:

- monitoringdata van aan PFOS, EtFOSAA, PCB-153 en Benzo(a)Pyreen in water (totale concentraties) en in zwevende stof bij Maassluis;
- het gewogen gemiddelde gehalten aan PFOS, MeFOSAA en EtFOSAA in de baggerspecie uit Rijnmond volgens de meetcampagne 2020. Voor PCB-153 en Benzo(a)Pyreen waren de gegevens in baggerspecie niet voorhanden en is uitgegaan van de gegevens in zwevende stof; de gehalten in zwevende stof zijn gehalveerd om te corrigeren voor het feit dat zwevende stof gemiddelde twee keer zoveel organische stof bevat als havenslib.

Op grond van deze informatie zijn de volgende factoren berekend:

- De opgeloste en gebonden fracties aan PFOS, EtFOSAA, PCB-153, Benzo(a)Pyreen en de som PFOS + EtFOSAA + MeFOSAA;
- De vracht naar de Noordzee via rivierafvoer, in de vorm van i) opgeloste fractie en ii) gebonden aan zwevende stof;
- De vracht via de verspreiding van baggerspecie;
- De relatieve verdeling tussen de input via rivier (opgelost, zwevende stof) en baggerspecie.

De uitgangspunten, gegevens, eenheden en berekeningswijze zijn samengevat in Tabel 3.3, evenals de uitkomsten van de berekeningen. Daaruit blijkt dat:

⁷ Deze waarde ligt overigens hoger dan de gemiddelde vracht (jaren 2015-18) van 918 kton die door Nederland aan OSPAR wordt gerapporteerd (RID); data ontvangen via B Bellert, RWS-WVL

- de vracht aan baggerspecie 4x zo groot is als het natuurlijk sedimenttransport uit de Nieuwe Waterweg (op basis van droog gewicht) en dat de rivierafvoer 7700x groter is dan het volume aan baggerspecie (o.b.v. natgewicht);
- de vervuilingsgraad van PFOS een factor ~2 hoger ligt in zwevende stof dan in baggerspecie en een factor ~1,1 in geval van EtFOSAA;
- de indicatieve partitie coëfficiënt het laagst is bij PFOS (648) en het hoogst bij B(a)P ($2,6 * 10^6$);
- de vracht aan PFOS + EtFOSAA + MeFOSAA via baggerspecie beperkt is tot resp. $5 + 2 + 2 = 9$ kg/jaar en
- de relatieve bijdrage van baggerspecie aan de input naar de Noordzee met PFOS, EtFOSAA, PCB-153 en Benzo(a)Pyreen ten opzichte van de natuurlijke verspreiding via de Nieuwe Waterweg (water en zwevende stof) geschat wordt op respectievelijk 5%, 32%, 66% en 66%. Voor de som PFOS + EtFOSAA + MeFOSAA draagt verspreiding van bagger ca. 8% bij.

Tabel 3.3. Vrucht aan PFOS, EtFOSAA, PCB-153 en Benzo(a)Pyreen naar de Noordzee via het water en het zwevende stof uit de Nieuwe Waterweg en via het verspreiden van havenslib, uitgedrukt in kg/jaar en procentueel. De vrachten zijn berekend op grond van diverse uitgangspunten, gemeten concentraties en berekende opgeloste en gebonden fracties. De geschatte partitie coëfficiënt K_d geeft een indicatie van de mate waarin de stof aan sediment bindt.

	PFOS	EtFOSAA	PCB 153	B(a)P	som PFOS + EtFOSAA + MeFOSAA	Eenheid
Uitgangspunten waterdebiet en sedimenttransport naar zee						
Sedimenttransport door natuurlijke afvoer zwevende stof	1.400	1.400	1.400	1.400	1.400	kTon DS/jaar
Vracht baggerspecie naar zee (als droge stof)	6.122	6.122	6.122	6.122	6.122	kTon DS/jaar
Volume baggerspecie (natgewicht, in beun)	5,10E+06	5,10E+06	5,10E+06	5,10E+06	5,10E+06	Mm3/jaar
Rivierafvoer bij Maassluis	3,94E+10	3,94E+10	3,94E+10	3,94E+10	3,94E+10	Mm3/jaar
Gemeten concentraties in water en sediment						
Zwevende stof in water	20	20	20	20	20	g/m3
Totale verontreinigingsconcentratie in water (station Maassluis)	2,5	0,1	0,15	2,6	2,7	ug/m3
Verontreinigingsgehalte van het zwevende stof	1,6	0,45	12	260	2,5	ug/kg
Verontreinigingsgehalte van het havensediment	0,81	0,33	6	130	1,5	ug/kg
Berekende fracties in water en sediment						
Gebonden fractie aan zwevende stof in water met 20 g/m3 zw.stof	0,032	0,009	0,144	1,5	0,05	ug/m3
Opgeloste fractie in water	2,468	0,091	0,06	1,1	2,65	ug/m3
Berekende vrachten						
Rivierafvoer: opgeloste fractie	97	3,6	2,2	44,3	104	kg/jaar
Rivierafvoer: gebonden fractie	2	1	17	364	4	kg/jaar
Baggerspecie verspreiding op zee	5	2	37	796	9	kg/jaar
Totaal	104	6	56	1204	117	kg/jaar
Relatieve verdeling van de vrachten						
Rivierafvoer via opgeloste fractie	93	58	4	4	89	%
Rivierafvoer via zwevende stof (gebonden fractie)	2	10	30	30	3	%
Baggerspecie verspreiding op zee	5	32	66	66	8	%
Totaal	100	100	100	100	100	%

4 Mogelijke toetswaarden voor PFAS

Er zijn vier benaderingen onderzocht voor het opstellen van toetswaarden voor PFAS:

- Milieubescherming op basis van KRW normen voor water: Omdat er geen normen voor PFAS in marien sediment zijn vastgesteld zijn in dit rapport de normen uit de Kaderrichtlijn Water toegepast voor de maximaal toegestane concentratie aan opgelost PFAS (in water) en omgerekend naar gehalten in sediment met behulp van sediment/water partitie coëfficiënten (K_d) uit meest recente studies (Wintersen et al., 2020);
- Stand-still niveau van het ontvangend milieu: hiervoor zijn de achtergrondniveaus van PFAS in het Nederlandse kustwater vastgesteld op basis van i) recente monitoringdata (2018-20) die werd beschikbaar gesteld door Rijkswaterstaat (WVL) en ii) wetenschappelijke publicaties;
- Stand-still niveau in milieu van herkomst: Hiervoor is gebruik gemaakt van de zogenaamde herverontreinigingsniveaus (HVN) die landelijk zijn vastgesteld op basis van een grote dataset aan PFAS-concentraties in zwevend stof uit zoet oppervlaktewater in Nederland (Osté et al, 2019). De redenering is dat slib met deze kwaliteit ook van nature door de rivieren naar zee wordt getransporteerd. Verspreiden is daarmee niet meer dan faciliteren van het natuurlijk transport van sediment dat op onhandige plaatsen terecht is gekomen. Daarnaast zorgt deze optie ervoor dat bij de verspreiding van baggerspecie op zee vergelijkbare eisen worden gesteld als bij verspreiding in zoet oppervlaktewater. De HVN zullen overigens in 2021 geactualiseerd worden, maar dit zal naar verwachting niet leiden tot grote wijzigingen.
- Internationaal vergelijk: nagegaan is of andere Europese landen of VS toetswaarden voor PFAS in zoute baggerspecie toepassen of aan het ontwikkelen zijn.

Tabel 4.1 vat de vier benaderingen voor het afleiden van een PFAS-toetswaarde nog eens samen.

De bevindingen worden in de volgende paragrafen per benadering besproken. De afgeleide toetswaarden zijn voornamelijk weergegeven als range gezien de onzekerheden in de benaderingen en de beperkte hoeveelheid data die beschikbaar zijn over PFAS in het mariene milieu (achtergrondniveaus, toxiciteit, partitie, biobeschikbaarheid).

In de vergadering van de wetenschappelijke klankbordgroep Normstelling (september 2020) is de werkwijze toegelicht. Geconstateerd werd dat het afleiden van een toetswaarde voor baggerspecie vooral een pragmatische aanpak vereist en dat de gevolgde werkwijze plausibel lijkt.

Tabel 4.1 Vier benaderingen bij het afleiden van een PFAS-toetswaarde voor zoute baggerspecie

Benadering	Toelichting
1. Milieubescherming	Wat is milieuhygiënisch acceptabel? KRW-normen zijn uitgangspunt
2. Stand-still niveau van het ontvangend milieu (zee)	Geen verslechtering van het verontreinigingsniveau kustzone
3. Stand-still niveau in milieu van herkomst (zoet oppervlaktewater)	Aansluiten op vastgestelde Herverontreinigingsniveaus van te baggeren sediment
4. Internationaal vergelijk	Aansluiten op wat in Noordzee-verband of internationaal wordt toegepast

4.1 Milieubeschermingsnormen PFAS

Toetswaarden voor de geselecteerde verbindingen zijn berekend op basis van de vastgestelde waterkwaliteitsnormen (Kaderrichtlijn Water/KRW) en partitie coëfficiënten K_d . Evenwichtspartitie K_d wordt berekend volgens:

$$K_d \text{ (l/kg)} = \text{PFAS}_{\text{sediment}} \text{ (}\mu\text{g/kg droge stof)} / \text{PFAS}_{\text{(porie)water}} \text{ (}\mu\text{g/l)}$$

In deze vergelijking is de K_d een stofafhankelijk distributieconstante, maar de waarden voor de K_d lopen sterk uiteen. Recent heeft het RIVM een literatuurstudie gedaan naar K_d 's voor PFAS en hebben RIVM en Deltares een studie uitgevoerd naar uitloging, waarin ook is gekeken naar de verhouding tussen PFAS aan bodem/sediment en PFAS in water (Wintersen et al., 2020). Dat heeft geleid tot een range aan K_d -waarden die in Tabel 4.2 zijn weergegeven.

De afgeleide toetswaarden voor PFOS en EtFOSAA / MeFOSAA in sediment blijken zeer strikt te zijn en dicht bij of onder de rapportagegrens te liggen van 0,1 $\mu\text{g/kg}$ droge stof en ruim onder het Herverontreinigingsniveau van respectievelijk 3,7 en 0,8 $\mu\text{g/kg}$.

Tabel 4.2 Toetswaarden voor PFOS, EtFOSAA en MeFOSAA in sediment op basis van norm voor zeewater volgens de Kaderrichtlijn Water (KRW) en de evenwichtspartitie coëfficiënt

Stof	Norm zoute wateren (KRW) ng/l	Evenwichts-partitie coëff. (K_d)	Toetswaarde in sediment ($\mu\text{g/kg}$)
PFOS	0,13	100 (P10) 1000 (P90)	0,013 0,13
EtFOSAA	0,13	230 (P10) 1400 (P90)	0,030 0,19
MeFOSAA	0,13	75 (P10) >312 (P90)*	0,010 >0.04

* in veel monsters is de concentratie van MeFOSAA in de waterfase onder de rapportagegrens. In die gevallen is gerekend met 0,7 x rapportagegrens, waarmee de minimale K_d wordt berekend. In werkelijkheid is de K_d dus hoger.

Bij een hoog zoutgehalte is de concentratie van PFOS waarschijnlijk hoger in het sediment maar lager in de waterkolom vergeleken met zoet water (Environment Agency, 2019). Daarom wordt aanbevolen om de berekening te herzien, wanneer mocht blijken dat de distributiecoëfficiënten (K_d 's) in zout water significant afwijken (d.w.z. hoger zijn) dan de K_d 's voor zoetwater die nu zijn toegepast, mocht dit opportuun zijn voor de beleidskeuzes..

4.2 Stand-still niveau van het ontvangend zeemilieu

Deze benadering gaat ervan uit dat er geen verslechtering moet optreden van het achtergrondniveau van vervuiling dat al aanwezig is in het ontvangend milieu. Daarvoor zijn gegevens nodig van locaties die niet in de directe invloedssfeer van vervuilingbronnen liggen. Uit een inventarisatie van monitoringsgegevens over PFAS in referentie sedimenten en het zwevende stof in de Noordzee, Waddenzee, de Hollandse kustwateren en het Deltagebied komt het volgende beeld naar boven:

4.2.1 Sedimenten Noordzee 2003

In sedimentmonsters uit de Westerschelde die in 2005 onderzocht zijn (Van der Heuvel-Greve et al., 2005) lagen de PFOS gehalten rond de detectiegrens m.u.v. de locaties Hansweert en Vlissingen waar de PFOS gehalte 3,1 resp. 2,7 $\mu\text{g/kg}$ ds bedroegen.

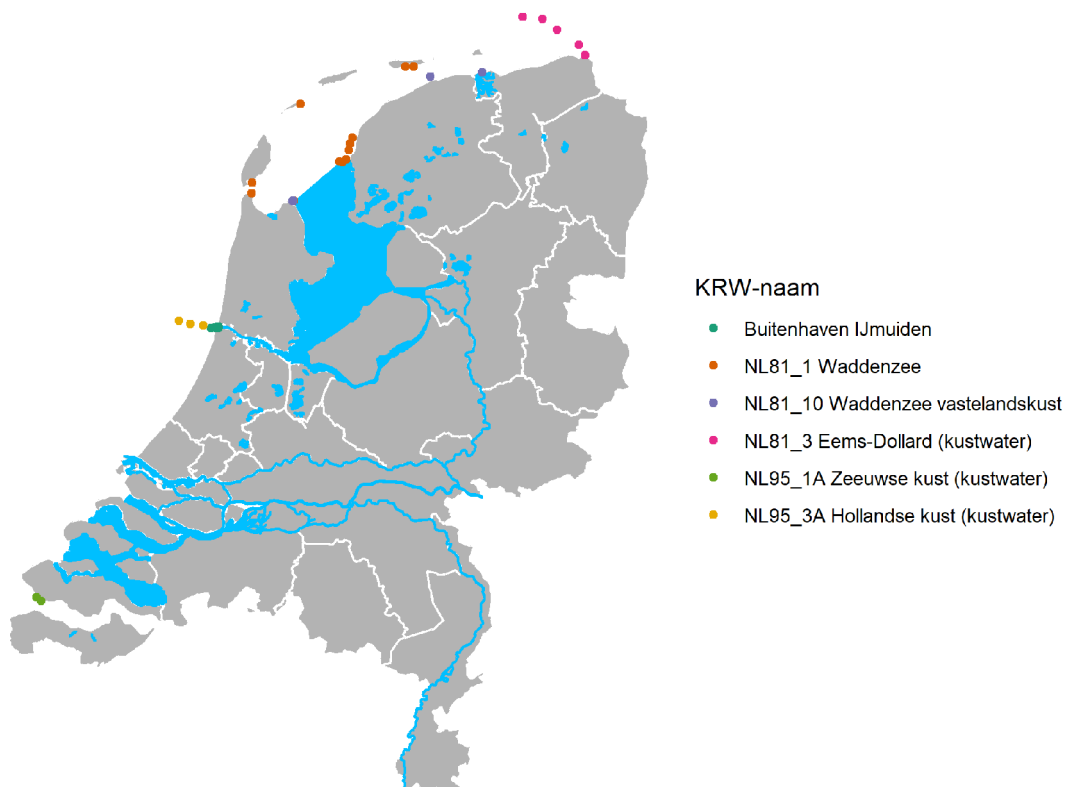
Dit is vergelijkbaar met de gehalten in de Nederlandse Noordzeekust van 1 tot 4,5 µg PFOS/kg ds (Åkerman et al., 2004; Schrap et al., 2004). De hoogste gehalten komen voor tussen Rotterdam en Den Helder, wat mogelijk samenhangt met de afvoer van rivieren en kanalen, verspreiden van baggerspecie etc. Onverwacht waren de hoge waarden voor Callantsoog 70 (centrale Noordzee); zie Tabel 4.3. Opgemerkt moet worden dat de meetmethoden voor het jaar 2005 minder ontwikkeld waren dan nu; deze oude data van PFAS in sediment zijn daarom verder buiten beschouwing gelaten.

Tabel 4.3 PFOS (µg/kg d.s. of natgewicht) in sediment van de Noordzee 2003 (Åkerman et al., 2004).

Binnen Appelzak 20	droog	<0,4
Terheide 10	droog	0,28
Terheide 10	nat	0,4
Noordwijk 10	droog	4,57
IJmuiden buiten haven	droog	1,02
IJmuiden buiten haven	nat	3,69
Callandsoog 10	nat	0,35
Callandsoog 70	droog	3,08
Terschelling 135	droog	<0,4
Terschelling 4	droog	0,99
Terschelling 4	nat	0,28

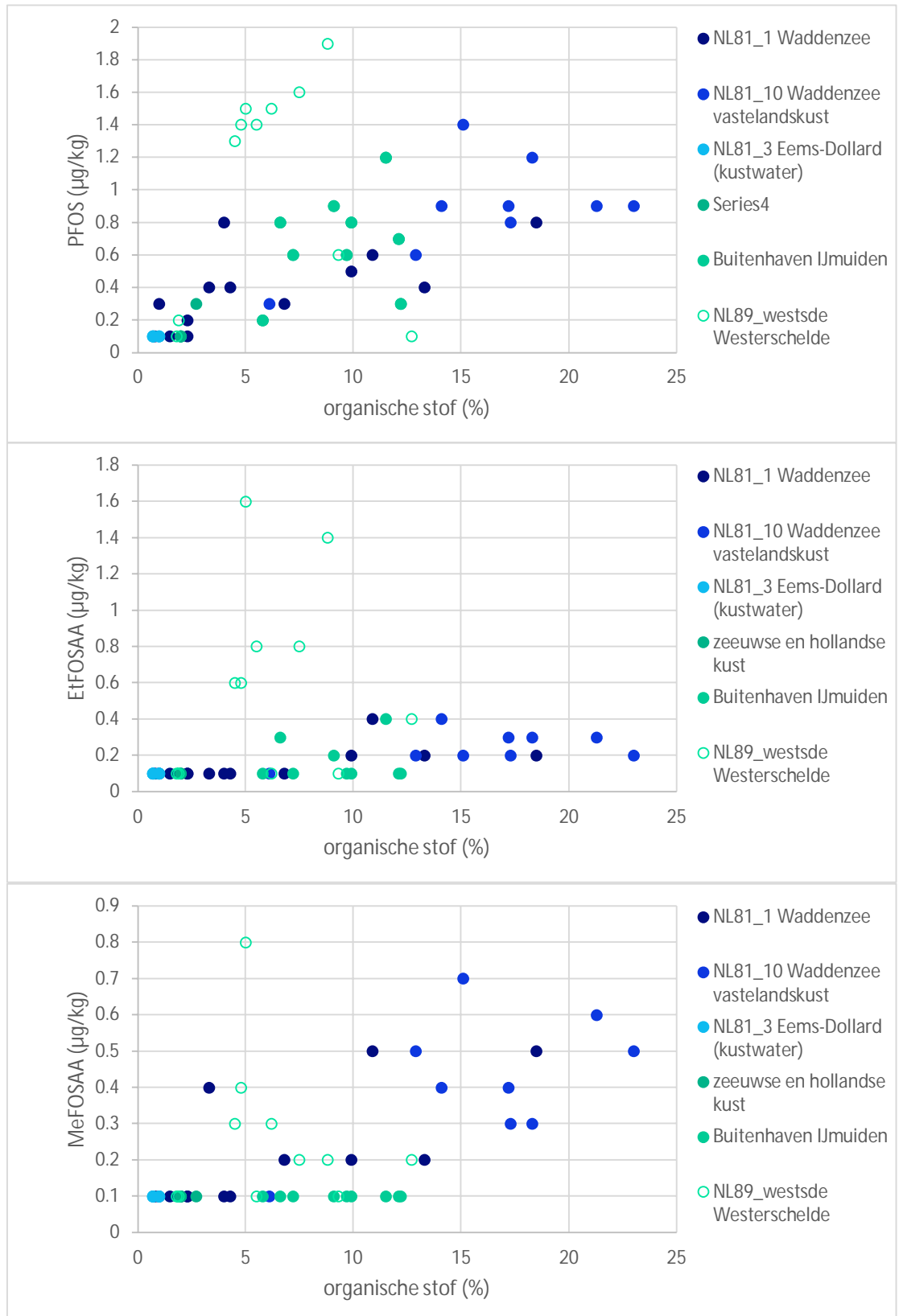
4.2.2 Sedimenten kustzone 2018-2020

RWS heeft in 2020 zo veel mogelijk projectdata bij elkaar gezocht en digitaal beschikbaar gemaakt. Het bestand met ruim 100 projectdata – sommige monsters in bepaalde vakken hebben dezelfde coördinaten gekregen – bevat vooral meetdata van sediment in de vaargeulen. De locaties die zijn bemonsterd, zijn weergegeven in Figuur 4.1.



Figuur 4.1 Locaties van PFAS 86 meetpunten in Nederland

Figuur 4.2 laat de resultaten zien voor PFOS, EtFOSAA en MeFOSAA waarbij de meetresultaten zijn uitgezet tegen het gehalte aan organisch stof in het sediment.



Figuur 4.2 Gehalten PFOS, EtFOSAA en MeFOSAA in sediment uit Nederlands kustwater 2018-2020 als functie van het organische stof gehalten.

Figuur 4.2 laat zien dat:

- de hoogste gehalten worden aangetroffen in de monding van de Westerschelde tot waarden van 1,9 µg/kg voor PFOS, 1,6 µg/kg voor EtFOSAA en 0,8 µg/kg voor MeFOSAA,
- de gehalten PFOS en EtFOSAA weinig verschillen tussen Waddenzee en Hollandse kust en variëren van de rapportagegrens tot 1,4 µg/kg voor PFOS en 0,4 µg/kg voor EtFOSAA,
- er noordelijk van Eems-Dollard (Eemsgeul) geen PFOS, EtFOSAA en MeFOSAA aangetroffen wordt (n=6);
- er in de Buitenhaven van IJmuiden geen MeFOSAA wordt aangetroffen maar wel in de Waddenzee tot 0,7 µg/kg en dat
- de gehalten aan PFOS, EtFOSAA en MeFOSAA in enige mate correleren met het organische stof gehalte.

4.2.3 Zwevende stof (2018-2020)

In 2018-2020 zijn PFAS analyses uitgevoerd in het zwevende stof op 1 meetstation in het kustwater, namelijk VLISSGBISSVH in de monding van de Westerschelde ter hoogte van Vlissingen (Tabel 4.4). Dit meetpunt heeft:

- een hoog gehalte EtFOSAA en
- een vergelijkbare PFOS gehalte als op meetstations in zoete rijkswateren.

Tabel 4.4 Gehalten aan EtFOSAA en PFOS in zwevende stof uit de monding van de Westerschelde, 2018-2020 (n=3). Er zijn geen MeFOSAA analyses beschikbaar

	EtFOSAA [µg/kg ds]	PFOS [µg/kg ds]
Minimum gehalte	3,1	2,5
Gemiddeld gehalte	3,4	2,5
Maximum gehalte	3,7	2,6

4.2.4 Andere Noordzeelanden

PFAS is geanalyseerd in slibrijk sediment van Helgoland (GB30) en loswal E3 voor havensediment uit Hamburg en zijn weergegeven (Tabel 4.5) en bevatte 0,18 resp. 0,37 µg/kg PFOS wat lager is dan de mediane waarden in de Nederlandse kustsedimenten.

In het OSPAR monitoringsprogramma worden PFAS analyses uitgevoerd in biota, niet in water of sediment.

Tabel 4.5 PFAS achtergrondgehalten [$\mu\text{g}/\text{kg ds}$] in slibrijk sediment van Helgoland GB30 en loswal E3 voor havensediment uit Hamburg (Joesse et al., 2019). Tussen haakjes zijn waarden die liggen tussen de method detection limit (MDL) en method quantification limit (MQL).

	GB30	E3
6:6 PFPiA	<MDL	(0.0054)
6:8 PFPiA	(0.0091 \pm 0.0019)	0.052
PFBA	(0.038 \pm 0.002)	0.30
PFHxA	<MDL	(0.044)
PFHpA	<MDL	(0.011)
PFOA	<MDL	(0.084)
PFNA	(0.019 \pm 0.001)	0.051
PFDA	0.051 \pm 0.001	0.21
PFUnDA	0.050 \pm 0.001	0.17
PFDoDA	0.015 \pm 0.001	0.14
PFTTrDA	0.017 \pm 0.002	0.068
PFTeDA	(0.0043 \pm 0.0002)	0.036
PFHxS	<MDL	0.16
L-PFOS	0.17 \pm 0.01	0.37
Br-PFOS	(0.012 \pm 0.003)	<MDL
6:2 FTSA	<MDL	0.40
L-FOSA	0.039 \pm 0.001	0.045
Br-FOSA	0.018 \pm 0.001	0.012

4.3 Stand-still niveau in milieu van herkomst

Aansluiten bij het landelijk herverontreinigingsniveau

Voor alle zoete rijkswateren wordt voor het invullen van stand-still gebruik gemaakt van het herverontreinigingsniveau Rijntakken (dat geldt dus ook voor de Maas). Dat is gebaseerd op het 95-percentiel van 10 jaar zwevend stof metingen op meetstation Lobith, op de grens met Duitsland. Voor PFAS is zo'n 10-jarige reeks niet beschikbaar – die wordt nu opgebouwd – en is gekozen voor alle twintig meetpunten in de rijkswateren en een kortere tijd (2 incomplete meetjaren). De herverontreinigingsniveaus zijn vastgelegd in het tijdelijk handelingskader PFAS (IenW, 2020): 3,7 $\mu\text{g}/\text{kg}$ voor PFOS en 0,8 $\mu\text{g}/\text{kg}$ voor alle overige PFAS.

4.4 Internationaal vergelijk

Het vaststellen van een toetswaarde voor zoute baggerspecie (action level) is een nationale verantwoordelijkheid volgens OSPAR⁸ en de London Convention.

In geen van de OSPAR en EU-lidstaten wordt zoute baggerspecie getoetst op PFAS; dat geldt ook voor de VS (pers. mededeling dr. D Moore, US ACE).

⁸ wat betreft verspreiding van baggerspecie op zee geeft OSPAR uitsluitend richtlijnen en advies

4.5 Somnorm

Van een aantal stoffen die worden gevonden, is bekend dat het precursors zijn, die uiteindelijk afbreken tot een carbonzuur of sulfonzuur. Dat geldt voor onder meer EtFOSAA en MeFOSAA, die vooral afbreken naar PFOS (Benskin et al., 2013; Liu et al., 2013). Het is echter niet goed bekend onder welke omstandigheden dat gebeurt en welke andere precursors mogelijk nog in de waterbodem aanwezig zijn.

Voor dergelijke verbindingen zou een somnorm voor PFOS, MeFOSAA en EtFOSAA gehanteerd kunnen worden, omdat deze stoffen uiteindelijk resulteren in dezelfde verbinding. Om die redenen is in deze studie de somparameter PFOS + EtFOSAA + MeFOSAA geïntroduceerd.

Er zijn twee toetswaarden voor PFOS + EtFOSAA + MeFOSAA afgeleid, te weten:

- 1 een ondergrens van 4,0 µg/kg, op grond van het herverontreinigingsniveau (HVN) in het Nederlandse oppervlaktewater, die is afgeleid conform de methode zoals beschreven is in Oste et al (2019). Daarvoor is gebruik gemaakt van de database met PFAS analyses in zwevend stof dat uit het oppervlaktewater is verzameld m.b.v. een centrifuge aan boord van het meetschip in de periode januari 2018 t/m juni 2020 op de ca. 20 MWTL-meetpunten. Het HVN is vooralsnog alleen voor de som PFOS + EtFOSAA bepaald, omdat MeFOSAA tot op heden niet is opgenomen in het analysepakket van zwevende stof in het MWTL (Monitoring Waterstaatkundige Toestand des Lands) meetprogramma. Per monster is de som PFOS + EtFOSAA bepaald en het 95-percentiel berekend om in lijn te zijn met het HVN voor PFOS. Het HVN (P95) voor PFOS + EtFOSAA is 4,0 µg/kg (dus daarom gekozen als ondergrens) en ligt slechts 0,3 µg/kg hoger dan HVN voor enkel PFOS (3,7 µg/kg). Aangezien uiterwaardebodems zeer lage MeFOSAA gehalten bevatten (beneden de detectiegrens) is de verwachting dat MeFOSAA gehalten in het zwevende stof ook zeer laag zijn en weinig invloed zullen hebben op de P95 waarde. Om die redenen kan de P95 voor PFOS + EtFOSAA ook toegepast worden op de somparameter PFOS + EtFOSAA + MeFOSAA.
- 2 een bovengrens van 5,3 µg/kg, zijnde de som genomen van de afzonderlijke HVN waarden voor PFOS, EtFOSAA en MeFOSAA (resp. 3,7; 0,8 en 0,8 µg/kg).

4.6 Samenvatting

Tabel 4.6 vat de voorgaande benaderingen samen.

Voor PFOS blijkt dat:

- het hoogst aangetroffen achtergrondniveau in sediment in het kustwater (periode 2018-2020) 1,4 µg/kg is;
- het HVN van 3,7 µg/kg een factor 29-290 hoger ligt dan de milieu hygiënische toetswaarde.

Voor EtFOSAA blijkt dat:

- het hoogst aangetroffen achtergrondniveau in sediment in het kustwater (periode 2018-2020) 0,4 µg/kg is;
- het HVN van 0,8 µg/kg een factor 4-27 hoger ligt dan de milieu hygiënische toetswaarde.

Voor MeFOSAA blijkt dat:

- het hoogst aangetroffen achtergrondniveau in sediment in het kustwater (periode 2018-2020) 0,7 µg/kg is;
- het HVN van 0,8 µg/kg een factor 20-80 hoger ligt dan de milieu hygiënische toetswaarde.

Geconcludeerd wordt dat de milieubeschermingsniveaus lager liggen dan de gehalten in het ontvangende milieu en het milieu van herkomst en zodoende geen praktisch basis vormen voor het afleiden van PFAS toetswaarden in baggerspecie.

Zodoende is de range in toetswaarden voor PFOS, EtFOSAA en MeFOSAA vastgesteld op grond van:

- de hoogste waarde in referentie sediment uit de Noordzee, als ondergrens en
- het HVN in zoete oppervlaktewater zoals gerapporteerd in Oste et al. (2019). Als bovengrens.

Voor de somnorm PFOS + EtFOSAA + MeFOSAA is de range in toetswaarde bepaald als:

- het HVN zoals berekend in deze studie, als ondergrens en
- de som van HVN waarden voor PFOS, EtFOSAA en MeFOSAA als bovengrens.

Tabel 4.6 Samenvatting van de vier benaderingen voor PFAS toetswaarden

Stof (µg/kg)	Milieu- bescherming	Referentie sedimenten Noordzeekust (2018-2020) (n=43)	HVN Zoete rijks- wateren (n>>100)	Action level in andere landen	Range mogelijke Toetswaarde voor de ZBT
PFOS	0,013-0,13	0,1-1,4	3,7 (P95)	-	1,4 - 3,7
EtFOSAA	0,03-0,2	<0,1-0,4	0,8 (P80)	-	0,4 - 0,8
MeFOSAA	0,01- >0,04	<0,1-0,7	0,8*	-	0,7 - 0,8
PFOS + EtFOSAA + MeFOSAA	-	-	4,0 (P95)	-	4,0-5,3**

* Voor alle overige PFAS geldt een waarde van 0,8 µg/kg, ook als ze niet gemeten zijn in zwevend stof.

** = som van HVN waarden voor PFOS, EtFOSAA en MeFOSAA

5 Consequenties toetswaarden voor verspreiden

In opdracht van diverse havenbedrijven en Rijkswaterstaat zijn de afgelopen twee jaar PFAS-analyses uitgevoerd in de meeste havenvakken langs de Nederlandse kust (Tabel 5.1). Door diverse laboratoria in Nederland en België is een standaard pakket van 25-30 verschillende PFAS verbindingen geanalyseerd in de bemonsterde havensedimenten. In de voorliggende studie worden deze data samengebracht.

Tabel 5.1 Data aangeleverd door havenbedrijven en Rijkswaterstaat

Havenbedrijf	Gegevens beschikbaar gesteld
Havenbedrijf Rotterdam	Uitgebreide meetcampagne 2020 (258 baggervakken) en speciale meetcampagne 2019 (n=100)
North Sea Ports	van ~50 baggervakken in havens langs Westerschelde en Kanaal Gent-Terneuzen in 2019
Havenbedrijf Amsterdam	geen data omdat er geen baggerspecie op zee verspreid wordt
Groningen Seaports	van 24 baggervakken in Delfzijl en Eemshaven in 2019
Rijkswaterstaat	van 50 baggervakken in Rijnmond in 2019

5.1 Rijnmond (Rotterdamse havens)

5.1.1 Gegevens

Voor het baggerwerk in de haven van Rotterdam ligt de verantwoordelijkheid bij twee organisaties: Havenbedrijf Rotterdam (HbR) en Rijkswaterstaat.

Door HbR zijn twee datasets aangeleverd met monitoringsgegevens van havenslib waarin, naast de standaard lijst aan stoffen in de ZBT, ook PFAS-verbindingen zijn geanalyseerd, te weten:

- Dataset 2019, een *bepaalde monitoringscampagne* van 101 geselecteerde baggervakken. Deze gegevens zijn gebruikt voor een kwalitatieve vergelijking van PFAS in andere havens die eveneens in 2019 zijn onderzocht (zie bijlage C);
- Dataset 2020, de *uitgebreide monitoringscampagne* van alle 258 vakken met onderhoudsbaggerspecie (dus exclusief project gerelateerde bagger). Deze set is gebruikt om een kwantitatieve inschatting te maken van de consequenties van de PFAS toetswaarden. Daarvoor is voor elk onderzocht baggervak gebruik gemaakt van het gemiddelde baggervolume in de periode 2010-2020 (Tabel 5.2).

Tabel 5.2 Onderzochte baggervakken in Rijnmond 2020 die in beheer zijn bij het Havenbedrijf Rotterdam, uitgedrukt als volume aan verspreidbare baggerspecie (voldoet aan ZBT) en niet verspreidbare baggerspecie. Het volume is berekend op basis van het langjarig gemiddelde over de periode 2010-2020.

Beheersgebied GHR (gemiddelde 2010-2020)	Hoeveelheid in m3	Perc. Van Totaal
Niet verspreidbaar (bestemming Slufter)	636878	8%
Verspreidbaar	6942979	92%
Totaal	7579857	100%

5.1.2 Monitoring HbR 2020

De frequentieverdeling van aangetroffen PFAS (Tabel 5.3) laat zien dat PFOS, MeFOSAA en EtFOSAA regelmatig aangetroffen worden boven 0,8 µg/kg; de overige verbindingen zijn zeer sporadisch gedetecteerd. De gemiddelde gehalten van deze drie verbindingen ligt op 0,7-0,9 µg/kg en de maximale waarde ligt tussen 4-6 µg/kg.

Tabel 5.3 Percentage baggervakken in Rijnmond 2020 (n=258) waarin A) een PFAS-verbinding aanwezig is boven 0,8 µg/kg en B) de gemiddelde en maximale gehalten aan PFOS, EtFOSAA en MeFOSAA.

Tabel 5.3A.

Verbinding	% gehalte boven 0,8 µg/kg
PFOA	1%
PFOS	48%
PFBA	0%
PFHxA	0%
PFNA	0%
PFDA	0%
PFUnDA	0%
PFDoDA	0%
PFTTrDA	0%
PFTeDA	0%
PFBS	0%
PFHxS	0%
PFDS	0%
6:2 FTS	1%
PFxDA	0%
8:2 FTS	0%
10.2:FTS	0%
Me FOSAA	34%
MeFOSA	0%
EtFOSAA	17%
PFOSA	1%
8:2 DiPAP	0%
overige PFAS	0%

Tabel 5.3B.

Verbinding	gemiddelde gehalte (ug/kg)	maximum gehalte (ug/kg)
PFOS	0.9	4.5
EtFOSAA	0.7	6.2
MeFOSAA	0.8	4.1

De uitkomsten van de toetsing van de PFAS-gehalten in baggerspecie uit Rijnmond (2020) zijn in Tabel 5.4 te vinden. Hieruit blijkt het volgende:

- PFOS: De onderste toetswaarde van 1,4 µg/kg wordt overschreden in 276.631 m³, zijnde 4% van het totale volume met bestemming zee. In 3 baggervakken (B4, B8, B13v3) zijn PFOS gehalten hoger dan de bovengrens van 3,7 µg/kg gevonden, echter dit komt niet tot uitdrukking in de baggervolumes simpelweg omdat deze baggervakken in de periode 2010-2020 nooit gebaggerd zijn. Alle baggerspecie voldoet dus aan het HVN (3,7 µg/kg).
- EtFOSAA: van de baggerspecie met bestemming zee overschrijdt maar liefst 35% van het volume de ondergrens van 0,4 µg/kg en 4,4% de bovengrens van 0,8 µg/kg.
- MeFOSAA: Uit deze screening blijkt dat ook deze verbinding in relatief hoge gehalten aanwezig is. De boven- en ondergrens voor MeFOSAA liggen dicht bij elkaar zodat er weinig verschil zit in de baggervolumes die niet voldoen (Tabel 5.4). Zo'n 11% van het baggervolume voldoet niet aan de toetswaarde van 0,8 µg/kg. Dit hoge volume wordt voor de helft bepaald door overschrijdingen in de baggervakken 23, 66 en 68.
- PFOS + EtFOSAA + MeFOSAA: Een geschatte 0,1-1,9% voldoet niet aan de boven- resp. ondergrens van de toetswaarde.
- De overige verbindingen zijn zeer sporadisch gedetecteerd. Er zijn drie gevallen waarbij een specifieke PFAS-verbinding niet voldoet aan de toetswaarde van 0,8 µg/kg, terwijl de baggerspecie verder wel voldoet aan alle parameters van de ZBT en aan de toetswaarde van voorgenoemde PFAS-verbindingen. Het gaat om: PFOA in vak MH3v3, 63Bv8, 23Av7, PFDoA in vak 72v4, 6:2 FTS in vak 72v1 en 8:2 DiPAP in vak 37 met een gezamenlijk volume van 80.729 m³ (= som van resp. 10.661, 33.735, 33.735 en 2.598 m³).

Tabel 5.4 Consequentie voor Rijnmond van verschillende toetswaarden voor PFAS op het volume aan baggerspecie met bestemming zee, uitgedrukt als volume percentage van de 6,94 Mm³ baggerspecie dat voldoet aan huidige Zoute Baggertoets. Gebaseerd op monitoring 2020 en gemiddelde baggervolumes 2010-2020

Verbinding	Onder -en bovengrens toetswaarde (µg/kg)	Extra baggervolume dat naar Slufter moet (m ³)	Als % verspreidbare bagger onder huidige ZBT	Effect op opslag in depot
PFOS	1,4	276.631	4,0%	significante toename
PFOS	3,7	0	0,0%	geen toename 1)
EtFOSAA	0,4	2.438.199	35,1%	zeer grote toename
EtFOSAA	0,8	306.940	4,4%	significante toename
MeFOSAA	0,7	809.876	11,7%	grote toename
MeFOSAA	0,8	761.149	11,0%	grote toename
PFOS+EtFOSAA+MeFOSAA	4	133.743	1,9%	bepaalde toename
PFOS+EtFOSAA+MeFOSAA	5,3	6.557	0,1%	kleine toename

1) er zijn drie waarnemingen van PFOS boven 3,7 µg/kg, maar in vakken waar vooralsnog niet gebaggerd wordt.

Het Havenbedrijf Rotterdam heeft voor bovenstaande berekeningen aangegeven dat een periode van 2 jaar, waarvan 1 volledige monitoringscyclus, kort is om de consequenties betrouwbaar te kunnen berekenen.

5.1.3 Monitoring RWS

De gegevens uit 2020 over PFAS in de baggervakken die in beheer zijn van Rijkswaterstaat zijn momenteel nog niet beschikbaar.

5.2 Overige havens

5.2.1 Gegevens

Data over PFAS in baggervakken uit havens langs de Wadden en Eems-Dollard zijn aangeleverd door Groningen Sea Port en Rijkswaterstaat. Voor de baggervakken in havens langs de Westerschelde⁹ en Kanaal Gent-Terneuzen zijn de gegevens aangeleverd door North Sea Port en voor een haven aan de Oosterschelde door Gemeente Reimerswaals via Rijkswaterstaat. De data zijn als pdf-rapporten aangeleverd¹⁰. Er zijn, met uitzondering van Sloehaven, geen gegevens over baggervolumes per baggervak beschikbaar, zodat de consequenties van PFAS-toetswaarden voor deze havens niet vastgesteld kon worden.

5.2.2 Monitoring 2019

Tabel 5.5 geeft een samenvatting van PFAS analyseresultaten van baggerspecie uit de havens langs de Waddenkust en Deltawateren dat aan de ZBT voldoet, en het aantal baggervakken dat de PFAS toetswaarden overschrijdt. De toetswaarden worden incidenteel en in beperkte mate overschreden in de Eemshaven, Delfzijl, Hansweert en Terneuzen. Hogere gehalten worden aangetroffen in de Sloehaven.

Tabel 5.5 Range in PFAS-gehalten ($\mu\text{g}/\text{kg}$) in havens langs de Waddenkust en in de Zuidwestelijke delta (2019) en het aantal baggervakken dat de toetswaarden (onder-en bovengrens) overschrijdt. n= aantal onderzochte vakken.

Haven	Gebied	n	jaar	PFOS	EtFOSAA	MeFOSAA	Som PFOS+EtFOSAA+ MeFOSAA
Range in gehalten							
Eemshaven	Eems Dollard	12	2019	0.4-1.5	<0,1-0,1	<0,1	0,5-1,7
Delfzijl	Eems Dollard	12	2020	0.1-1.2	0,1-0,6	0,1-0,2	0,2-2,0
Ijmuiden	Noordzee kust	12	2019	0.1-1.2	<0,1-0,3	<0,1	0,1-1,5
Hansweert	Westerschelde	1	2019	1.7	0,8	0,2	2,7
Vlissingen	Westerschelde	2	2019	0.1-0.6	<0,1	<0,1	0.1-0.6
Sloehaven	Westerschelde	17	2019	0.3-4.0	<0,1-3,9	<0,1-1,8	0,6-9,7
Breskens	Westerschelde	2	2019	0.2-1.0	<0,1-0,4	<0,1-0,2	0,2-1,6
Terneuzen	Westerschelde	1	2019	1.3	0,6	0,3	2,2
Braakman	Westerschelde	1	2019	<0.1	1	<0,1	1,1
Autrichhaven	K. Gent-Terneuzen	4	2019	<0.1-0.8	-	-	-
Yerseke	Oosterschelde	2	2019	0.9-1.2	<0,1	<0,1	1,0-1,3
Aantal overschrijdingen: toetswaarde - ondergrens				$\geq 1,4 \mu\text{g}/\text{kg}$	$\geq 0,4 \mu\text{g}/\text{kg}$	$\geq 0,7 \mu\text{g}/\text{kg}$	$\geq 4,0 \mu\text{g}/\text{kg}$
Eemshaven	Eems Dollard	12	2019	1 van 12			
Delfzijl	Eems Dollard	12	2020		2 van 12		
Ijmuiden	Noordzee kust	12	2019				
Hansweert	Westerschelde	1	2019	1 van 1	1 van 1		
Vlissingen	Westerschelde	2	2019				
Sloehaven	Westerschelde	17	2019	8 van 17	10 van 17	3 van 17	3 van 17
Breskens	Westerschelde	2	2019				
Terneuzen	Westerschelde	1	2019		1 van 1		
Braakman	Westerschelde	1	2019		1 van 1		
Autrichhaven	K. Gent-Terneuzen	4	2019				
Yerseke	Oosterschelde	2	2019				
Aantal overschrijdingen: toetswaarde - bovengrens				$\geq 3,7 \mu\text{g}/\text{kg}$	$\geq 0,8 \mu\text{g}/\text{kg}$	$\geq 0,8 \mu\text{g}/\text{kg}$	$\geq 5,3 \mu\text{g}/\text{kg}$
Eemshaven	Eems Dollard	12	2019				
Delfzijl	Eems Dollard	12	2020				
Ijmuiden	Noordzee kust	12	2019				
Hansweert	Westerschelde	1	2019		1 van 1		
Vlissingen	Westerschelde	2	2019				
Sloehaven	Westerschelde	17	2019	1 van 17	7 van 17	3 van 17	3 van 17
Breskens	Westerschelde	2	2019				
Terneuzen	Westerschelde	1	2019				
Braakman	Westerschelde	1	2019		1 van 1		
Autrichhaven	K. Gent-Terneuzen	4	2019				
Yerseke	Oosterschelde	2	2019				

⁹ Baggerspecie uit de haven van Antwerpen en Zeeschelde dat voldoet aan de ZBT kan in de Westerschelde verspreid worden, maar is nog niet onderzocht op PFAS.

¹⁰ RWS-WVL werkt momenteel aan het opzetten van een digitale databestand met PFAS gegevens in sedimenten.

De meest vervuilde monstervakken in de Sloehaven zijn nr. 5, 8 en 11 met gesommeerde gehalte aan PFOS + EtFOSAA + MeFOSAA boven de toetswaarde bovengrens (resp. 5,3; 7,4 en 9,7 µg/kg).

5.2.3 Sloehaven 2019

Tabel 5.6 geeft voor Sloehaven aan om hoeveel kubiek meter baggerspecie het gaat. Daarbij is uitgegaan van een baggervolume dat voldoet aan de ZBT en verspreid wordt in de Westerschelde direct voor de haven (vak W13-alt3 voor slibrijk sediment, W13-alt2 voor zandig materiaal), namelijk 0,94 Mm³ per jaar (gemiddelde in de periode 2015-2019). Dit volume is volgens informatie van North Sea Port, afkomstig uit monstervak 1 (25%), vak 2 (25%), vak 5 (25%) en de vakken 3, 4, 6 en 11 (ieder 6,25%); de overige monstervakken (7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16 en 17) worden niet gebaggerd.

Een grote deel van het baggervolume voldoet niet aan de PFAS toetswaarden. Zo wordt de bovengrens voor PFOS overschreden in 6% van het volume (uit vak 11) en de bovengrens voor de somnorm PFOS + EtFOSAA + MeFOSAA wordt overschreden in 31% van het volume (uit vak 5 en 11).

De beheerder van de haven, North Sea Port, heeft aangegeven dat de bemonsteringsstrategie zodanig is dat ook waterbodembuiten het onderhoudsprofiel wordt mee bemonsterd. Dit is mogelijk meer verontreinigd dan recent gesedimenteerde materiaal dat gebaggerd wordt (Aquifer, 2021). De data dienen met enige terughoudendheid te worden geïnterpreteerd.

Tabel 5.6 Consequentie voor Sloehaven (Vlissingen-oost) van verschillende toetswaarden voor PFAS op het volume aan baggerspecie dat voldoet aan de ZBT en verspreid wordt in de Westerschelde¹¹ uitgedrukt als volume percentage van de 6,94 Mm³ baggerspecie dat voldoet aan huidige Zoute Baggertoets. Gebaseerd op monitoring 2020 en gemiddelde baggervolumes 2010-2020.

Verbinding	Onder -en bovengrens toetswaarde (µg/kg)	Extra baggervolume dat naar depot moet (m3)	Als % verspreidbare bagger onder huidige ZBT	Effect op opslag in depot
PFOS	1,4	411.555	43,8%	zeer grote toename
PFOS	3,7	58.794	6,3%	significante toename
EtFOSAA	0,4	587.936	62,5%	zeer grote toename
EtFOSAA	0,8	411.555	43,8%	zeer grote toename
MeFOSAA	0,7	293.968	31,3%	zeer grote toename
MeFOSAA	0,8	293.968	31,3%	zeer grote toename
PFOS+EtFOSAA+MeFOSAA	4	411.555	43,8%	zeer grote toename
PFOS+EtFOSAA+MeFOSAA	5,3	293.968	31,3%	zeer grote toename

5.3 Nader onderzoek

Het milieurendement voor het Nederlandse kustwater van de uitbreiding van de Zoute Baggertoets met PFAS is vooralsnog niet te kwantificeren vanwege het ontbreken van een modelinstrumentarium waarmee de verspreiding van PFAS in het Nederlandse kustwater gesimuleerd kan worden. Een dergelijk instrumentarium maakt het mogelijk om de effectiviteit te evalueren van nieuw beleid gericht op het tegengaan van PFAS-vervuiling (zoals mogelijk was voor TBT; zie Figuur 3.2).

¹¹ direct buiten de haven op vak W13-alt3 in geval van slibrijk sediment of vak W13-alt2 voor zandig materiaal

Aanbevolen wordt om nader onderzoek te doen naar de paden en lotgevallen van PFAS in het mariene milieu, waaronder de verbindingen met 9-14 C-atomen, en de relatieve bijdragen van de diverse bronnen, waar mogelijk in samenwerking met andere OSPAR-lidstaten.

6 Conclusies en aanbevelingen

6.1 Conclusies

Van de ca. 30 PFAS-verbindingen die routinematig worden gemonitord zijn PFOS, EtFOSAA en MeFOSAA in de hoogste concentraties aangetroffen en het meest relevant voor de verspreiding van zoute baggerspecie in zee.

PFOS:

Deze stof komt, ondanks bronbeleid, nog vaak voor in zoute baggerspecie.

Ca. 4% en 44% van het baggervolume in resp. Rijnmond en Sloehaven voldoet niet aan de ondergrens voor PFOS van 1,4 µg/kg (=hoogste achtergrondgehalte in referentiesediment).

Ca. 0% en 6% van het baggervolume in resp. Rijnmond en Sloehaven voldoet niet aan de ondergrens voor PFOS van 3,7 µg/kg (=HVN).

EtFOSAA

Deze stof wordt veelvuldig en in relatief hoge gehalten aangetroffen in zoute baggerspecie.

Mogelijk hangt dit samen met de omgevingscondities in het havenslib (anaeroob, afwezigheid UV, hoger zoutgehalte).

Ca. 35% en 63% van het baggervolume in resp. Rijnmond en Sloehaven voldoet niet aan de ondergrens voor EtFOSAA van 0,4 µg/kg (=hoogste achtergrondgehalte in referentiesediment).

Ca. 4% en 44% van het baggervolume in resp. Rijnmond en Sloehaven voldoet niet aan de ondergrens voor EtFOSAA van 0,8 µg/kg (=HVN).

MeFOSAA

Ook deze stof wordt veelvuldig en in relatief hoge gehalten aangetroffen in zoute baggerspecie. Mogelijk hangt dit samen met de omgevingscondities in het havenslib (anaeroob, afwezigheid UV, hoger zoutgehalte).

Ca. 12% en 31% van het baggervolume in resp. Rijnmond en Sloehaven voldoet niet aan de ondergrens voor MeFOSAA van 0,7 µg/kg (=hoogste achtergrondgehalte in referentiesediment).

Ca. 11% en 31% van het baggervolume in resp. Rijnmond en Sloehaven voldoet niet aan de ondergrens voor MeFOSAA van 0,8 µg/kg (=HVN).

Gecombineerde kwaliteitseis voor PFOS, EtFOSAA en MeFOSAA

Als alternatief wordt voor de drie PFAS-verbindingen in kwestie een som toetswaarde voorgesteld. De milieuchemische argumentatie is dat EtFOSAA en MeFOSAA als zogenaamde precursors (voorlopers) van PFOS worden beschouwd. Omzetting naar PFOS zou plaats kunnen vinden na verspreiding in het aerobe zeewater.

De toetswaarde voor PFOS + EtFOSAA + MeFOSAA ligt tussen 4,0 µg/kg en beoogt een afspiegeling te zijn van de hoeveelheid PFOS die zowel direct bij het verspreiden van zoute baggerspecie in het kustwater terecht komt als ook daarna gevormd kan worden uit beide precursors.

Ca. 2% en 44% van het baggervolume in resp. Rijnmond en Sloehaven voldoet niet aan de ondergrens voor PFOS + EtFOSAA + MeFOSAA van 4,0 µg/kg (=HVN).

Ca. 0,1% en 31% van het baggervolume in resp. Rijnmond en Sloehaven voldoet niet aan de ondergrens voor MeFOSAA van 5,3 µg/kg (=som van de drie individuele HVN toetswaarde).

Overige PFAS-verbindingen:

Van de overige PFAS-verbindingen die routinematig geanalyseerd worden liggen de gehalten alleen incidenteel boven de detectiegrens en zijn daarom verder buiten beschouwing gelaten.

6.2 Aanbevelingen

Vanuit een milieuhygiënisch oogpunt gezien, heeft het stellen van een somnorm voor PFOS + EtFOSAA + MeFOSAA de voorkeur. De toetswaarde beoogt een afspiegeling te zijn van de hoeveelheid PFOS, die zowel direct bij het verspreiden van zoute baggerspecie in het kustwater terecht als ook daarna gevormd kan worden uit beide precursors.

De havenbedrijven hebben aangegeven dat één tot twee meetjaren een korte periode is om consequenties op te baseren. Bovendien waren de data uit 2020 in het gebied van Rijkswaterstaat nog niet beschikbaar. Voor Rijnmond kan wel gesteld worden dat (de beperktere) metingen uit 2019 geen andere beeld gaven dan de data in 2020. Om de betrouwbaarheid van en het draagvlak voor de consequentieanalyse te verhogen, is het goed om op PFAS te blijven monitoren.

De keuze van een norm (wel of geen norm en indien wel een norm, welke waarde) vraagt een beleidsmatige afweging. Er spelen meerdere factoren een rol, zoals de bijdrage PFOS vanuit bagger aan de totale vracht naar zee, het ontbreken van bronbeleid voor precursors en de hoeveelheid te storten bagger als gevolg van nieuwe normen.

Aanbevolen wordt om nader onderzoek te doen naar andere precursors die mogelijk in het havenslib kunnen voorkomen en naar de bronnen (emissies) die verantwoordelijk zijn voor de vervuiling van havenslib.

Daarnaast is het zinvol om de effectiviteit vast te kunnen stellen van nieuw beleid om PFAS vervuiling tegen. Hiervoor kan een waterkwaliteit model worden ingezet waarin informatie gecombineerd wordt over:

- de paden en lotgevallen van PFAS in zee,
- recente inzichten in de PFAS emissies uit de diverse bronnen en
- de doorwerking van nieuw beleid.

Deze modellering kan goed samengaan met de monitoring activiteiten binnen OSPAR, ter ondersteuning en evaluatie van het beleid.

7 Referenties

Åkerman J, H. Klamer, C. Schipper, J. Bakker, B. Bellert, J. Pijnenburg, 2004. Stoffen in de Noordzee en de Nederlandse Kustzone in 2003. Ftalaten, vlamvertragers, organotin- en geperfluoreerde verbindingen en effectgerichte metingen. Rapport RIKZ/2004.040.

Aquifer Advies, 2021. Memo PFAS Sloehaven door B.A. den Toom, d.d.14 april 2021.

Benskin, Jonathan P., Derek C. G. Muir, Brian F. Scott, Christine Spencer, Amila O. De Silva, Henrik Kylin, Jonathan W. Martin, Adam Morris, Rainer Lohmann, Gregg Tomy, Bruno Rosenberg, Sachi Taniyasu, and Nobuyoshi Yamashita. Perfluoroalkyl Acids in the Atlantic and Canadian Arctic Oceans. *Environmental Science & Technology* 2012 46 (11), 5815-5823. DOI: 10.1021/es300578x

Bil, Wieneke, Marco Zeilmaker Styliani Fragki Johannes Lijzen Eric Verbruggen Bas Bokkers, 2020. Risk Assessment of Per- and Polyfluoroalkyl Substance Mixtures: A Relative Potency Factor Approach. *Environmental Toxicology and Chemistry*. <https://doi.org/10.1002/etc.4835>

Buck, Robert C, James Franklin, Urs Berger, Jason M Conder, Ian T Cousins, Pim de Voogt, Allan Astrup Jensen, Kurunthachalam Kannan, Scott A Mabury, and Stefan PJ van Leeuwen. Perfluoroalkyl and Polyfluoroalkyl Substances in the Environment: Terminology, Classification, and Origins. *Integr Environ Assess Manag* 7, 2011, pp. 513–541

EFSA, 2020. Risk to human health related to the presence of perfluoroalkyl substances in food. *EFSA Journal* 2020;18(9): 6223

Environment Agency, 2019. Perfluorooctane sulfonate (PFOS) and related substances: sources, pathways and environmental data. Report Environment Agency, Bristol, UK.

Expertise Centrum PFAS, 2018a. Analyse van een handelingsperspectief voor bodembeheer. Een handelingskader voor het omgaan met PFAS. <https://www.expertisecentrumpfas.nl/>

Expertise Centrum PFAS, 2018b. Aanwezigheid van PFAS in Nederland Deelrapport B - Onderzoek van PFAS op potentiële risicolocaties. <https://www.expertisecentrumpfas.nl/>

Hendriks, E., Schuurman, F (2017). Modelling alternatieve loswal locaties. Deltares en Royal HaskoningDHV rapport 1230860.

Hong S, Khim JS, Park J, Kim M, Kim, WK, Jung J, Giesy JP, 2013. In situ fate and partitioning of waterborne perfluoroalkyl acids (PFAAs) in the Youngsan and Nakdong River Estuaries of South Korea. *Sci Total Environ*, 445-446, 136-145. doi:10.1016/j.scitotenv.2012.12.040

Hopkins, Z. R., Sun, M., DeWitt, J. C., & Knappe, D. R., 2018. Recently detected drinking water contaminants: GenX and other per-and polyfluoroalkyl ether acids. *Journal-American Water Works Association*, 110(7), 13-28.

- lenW, 2020. Tijdelijk handelingskader PFAS, versie 2 juli 2020. [Tijdelijk handelingskader voor hergebruik van PFAS-houdende grond en baggerspecie Geactualiseerde versie 2 juli 2020 | Rapport | Rijksoverheid.nl](#)
- Langberg, H.A. G.D. Breedveld, G.A.. Slinde, H.M. Grønning, Å. Høisæter, M. Jartun, T. Rundberget, B.M. Jenssen, and Sarah E. Hale, 2020. Fluorinated Precursor Compounds in Sediments as a Source of Perfluorinated Alkyl Acids (PFAA) to Biota. *Environmental Science & Technology* 2020 54 (20), 13077-13089. DOI: 10.1021/acs.est.0c04587.
- Liu, Jinxia and Sandra Mejia Avendaño, 2013. Microbial degradation of polyfluoroalkyl chemicals in the environment: A review. *Environment International* 61 (2013) 98–114.
- OSPAR 2014. OSPAR Guidelines for the Management of Dredged Material at Sea (Agreement 2014-06).
- OSPAR, 2006. Background Document on Perfluorooctane Sulphonate. ISBN 1-905859-03-1
- Oste et al. 2019. Advies voorlopig herverontreinigingsniveau waterbodem. Deltares rapport 11203697-018-BGS-0001_v1.3
- Pan, G. and You, C. (2010) Sediment-water distribution of perfluorooctane sulfonate (PFOS) in Yangtze River Estuary. *Environmental Pollution*, 158(5), pp. 1363-1367.
- RHDHV, 2019. Rapportage BF5370TPRP1911051358. Monstercampagne Rotterdam 2019.
- RvS 2008. uitspraak HBR Bagger_200705415_1
- RvS 2007. uitspraak CORUS Bagger_200705415_1
- Schipper, C. en H. Klamer, 2016. Evaluatie van de Chemie-Toxiciteit-Toets. DGW rapport.
- Schrap, S.M., J.A.M.C.M. Pijnenburg, R.B. Geerdink, 2004. Geperfluoreerde verbindingen in Nederlands oppervlakte water, een screening in 2003 van PFOS en PFOA. RIZA rapport 2004.025, RIKZ rapport 2004.037. Lelystad december 2004.
- Staatscourant, 2004. Chemie-Toxiciteit-Toets verspreiding zoute Baggerspecie. Staatscourant, 5 juli 2004, nr. 125 / pag. 14.
- Tweede Kamer, vergaderjaar 2019–2020, 35 334, nr. 74. Tijdelijk handelingskader voor hergebruik van PFAS-houdende grond en baggerspecie (geactualiseerde versie van 2 juli 2020. Brief aan de Tweede Kamer geeft Staatssecretaris Van Veldhoven.
- Tweede Kamer 2019-2020. Problematiek rondom stikstof en PFAS. Stuk 35 334, 1 juli 2020
- Van den Heuvel-Greve M, P. Leonards, D. Vethaak (2006). Dioxineonderzoek Westerschelde: meting van gehalten aan dioxinen, dioxine-achtige stoffen en andere mogelijke probleemstoffen in visserijproducten, sediment en voedselketens van de Westerschelde. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ.
- Van Gils J & Friocourt Y, 2008. Prognosis of WFD chemical status in the coastal waters of The Netherlands, Part 1: Update and validation of the Scremotox model. Report Z4441, Deltares, Delft, The Netherlands.
- Wang, S., Wang, H., Zhao, W., Cao, Y. and Wan, Y. (2015) Investigation on the distribution and fate of perfluorooctane sulfonate (PFOS) and perfluorooctanoate (PFOA) in a sewage-impacted bay. *Environmental Pollution*, 205, pp. 186-198 [online]. Available

at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749115002766>.

Wintersen, A. et al., 2020. Verschil in uitloging van PFAS uit grond en bagger. RIVM-briefrapport 2020-0102.

You, C., Jia, C. and Pan, G. (2010) Effect of salinity and sediment characteristics on the sorption and desorption of perfluorooctane sulfonate at sediment-water interface. *Environmental Pollution*, 158(5), pp.1343-1347.

A PFOS als OSPAR chemical for priority action

Bron: OSPAR 2019. The OSPAR list of chemicals for priority action. Suggestions for future actions. Paragraaf 3.6.6.

Perfluorooctanyl sulphonic acid and its salts (PFOS) The OSPAR background document on perfluorooctane sulphonate (PFOS) and its salts was last updated in 2006, while a review statement to the background document was adopted in 2011. PFOS is a group of organic substances belonging to the large family of perfluoroalkyl substances (PFAS). PFOS and its related substances have good water and oil repellent effects and are thus used in a number of industries and products (OSPAR Commission 2006e). PFOS is identified as a POP under the SC and is included on Annex B, which restricts the use of the substance for Contracting Parties. Several acceptable purposes for the use of POFS includes, but is not limited to, metal plating, chemical driven oil production, carpets, textiles and upholstery etc. Further details regarding acceptable purposes and specific exemptions are stated in decision SC-4/17 (Stockholm Convention 2004). PFOS was previously restricted under REACH (included in Annex XVII) but was demoted when included in the Stockholm Convention as a POP substance (deleted by Commission Regulation (EU) No. 207/2011) and is thus currently regulated under Regulation (EC) no. 850/2004 on persistent organic pollutants. PFOS is also identified as a PHS under WFD (European Parliament 2013). The National Swedish Contaminant Monitoring Programme on Marine biota reported decreasing temporal trends of PFOS in herring liver in the sampling site Fladen, a site within the OSPAR Maritime Area, over the period 2004 to 2016. The concentration was below the suggested target value at 9.1 µg/kg for PFOS in fish muscle (wet weight) (Bignert et al., 2017). The 2010 review statement on PFOS stated that OSPAR had focused its actions on monitoring of PFOS and how it should be addressed in the OSPAR monitoring programme CEMP (OSPAR Commission 2011d). Included in the pre-CEMP in 2007, PFOS is currently monitored as stated in OSPAR Agreement 2016-01 (amended in 2018) (OSPAR Commission 2018). The OSPAR review statement stated the belief that any additional work and measures should not be taken by OSPAR but rather within the EU frameworks (OSPAR Commission 2011d). Additionally, the PFOS concentrations seems to be decreasing on the Swedish west coast and the use and production of said substance is currently restricted globally. As PFOS is highly persistent and will remain in the environment even though the exposure is restricted, it is thus suggested for OSPAR to continue the current monitoring of PFOS and in light of new information act additionally if needed. However, PFOS is no longer the only cause of concern among the PFAS family. In a screening of the presence of PFAS in the Swedish Environment, including biota as well as ground and surface waters, up to 40 different types of PFAS were found collectively in biota as well as ground and surface waters (Naturvårdsverket 2016). As a proactive measure, OSPAR could encourage/screening studies of other PFAS in the marine environment and flag for eventual discoveries in the OSPAR Maritime Area. Furthermore, OSPAR could take action in evaluating and compiling information on environmentally friendly alternatives to use as substitutes for PFAS.

B EtFOSAA: herkomst en gedrag

- N-EtFOSAA are oxidation products of N-methyl perfluorooctane-sulfonamidoethanol (N-MeFOSE) and N-ethyl perfluorooctanesulfonamidoethanol (N-EtFOSE), which are used primarily in consumer-related applications, e.g. paper and packaging protectants, carpets, and textiles (Lange et al., 2006 – RIWA-rapport). In Norway found at a closed down paper mill
- The aerobic pathway of degradation from N-EtFOSE to PFOS (Benskin et al., 2012, Liu et al., 2013) involves several intermediate compounds analyzed in this study: N-EtFOSE → N-EtFOSAA → N-EtFOSA → FOSAA → PFOSA → PFOS.
- The N-EtFOSAA concentrations decreased during treatment, starting from 5.1 ± 0.8 ng/L in influent to 3.6 ng/L in effluent. This is an overall WWTP removal of 29%.
- Substances that may be transformed to PFOS, such as N-MeFOSAA and N-EtFOSAA were present in sludge at levels often exceeding the PFOS concentration.
- EtFOSAA was detected in both bulk water and porewater with concentrations higher in the latter phase ranging. MeFOSAA was more frequently detected in sediments than in suspended particles (Chen, 2019)
- In the RIVM/Deltares leaching study: EtFOSAA concentrations in (anaerobic) sediments are higher compared to mostly dry wetland soils. Concentrations are patchy (often $<0,1$ or >1)

C Monitoring Rijnmond 2019

De 101 onderzochte baggervakken (RHDHV, 2019) zijn getoetst aan de voorgestelde toetswaarden voor PFOS, EtFOSAA en PFOA (Tabel C.1). Overschrijdingen treden op voor:

- PFOS, in 3% van de gevallen hoger dan het Herverontreinigingsniveau van 3,7 µg/kg,
- EtFOSAA, in 25% van de gevallen boven de toetswaarde van 0,8 µg/kg en
- PFOA, in 25% van de gevallen boven de toetswaarde van 0,8 µg/kg.

Tabel C.1 Frequentieverdeling van gehalten aan PFOS, PFOA en EtFOSAA in baggerspecie uit Rijnmond met bestemming zee (2019)

PFOS range ug/kg ds	Frequency	EtFOSAA range ug/kg ds	Frequency
≤0,1	4	≤0,1	14
0.1-1	60	0,1-0,8	62
1.0-2.0	25	0,8-2,0	18
2.0-3.7	9	2,0-3,7	4
3.7-9.0	3 ^{a)}	3,7-4,5	3

PFOA range ug/kg ds	Frequency
≤0,1	36
0,1-0,8	64
0,8-2,0	1
>2	0

a) vakken 23A, 35, 45 met in de periode 2010-2018 een langjarig gemiddeld volume van 72.000 m³/j

De baggerspecie met bestemming De Slufter bevat significant hogere gehalten EtFOSAA dan het materiaal dat op Loswal NW wordt verspreid; voor PFOA en PFOS zijn er geen significante verschillen aangetoond (Tabel C.2).

Tabel C.2 Vergelijking PFAS in baggerspecie uit Rijnmond (2019) met bestemming Noordzee (Loswal NW) en De Slufter.

	EtFOSAA	PFOA	PFOS	n
Open zee (Loswal NW)	0,64	0,21	1,14	101
Depot (Slufter)	1,13	0,21	1,83	37
Vershil (t-test) (P<0,05; eenzijdig)	Significant (P=0,015)	Niet significant	Niet significant (P=0,07)	