



Quick scan beheersmaatregelen van Tetrodotoxine in schelpdierproductie in de Oosterschelde

Opties voor monitoring en management

Auteurs: M. Poelman, A. Blanco, P. Kamermans, J.W. Wijsman,
B.C. Bolman², W.J. Strietman²

² LEI-Wageningen UR

IMARES Rapport C064/16

Quick scan beheersmaatregelen van Tetrodotoxine in schelpdierproductie in de Oosterschelde

Opties voor monitoring en management

Auteur(s): M. Poelman, A. Blanco, P. Kamermans, J.W. Wijsman, B.C. Bolman²⁾, W.J. Strietman²⁾
2) LEI-Wageningen UR

Publicatiedatum: Juni 2016

IMARES Wageningen UR
Yerseke, juni, 2016

IMARES rapport C064/16

M. Poelman, A. Blanco, P. Kamermans, J.W. Wijsman, B.C. Bolman², W.J. Strietman, 2016. Quick scan beheersmaatregelen van Tetrodotoxine in schelpdierproductie in de Oosterschelde; Wageningen, IMARES Wageningen UR (University & Research centre), IMARES rapport C064/16. 39 blz.

Keywords: schelpdier, TTX, oester, mossel, voedselveiligheid.

Opdrachtgever: Vereniging de Mosselhandel
Nederlandse Oestervereniging
Coöperatieve Producentenorganisatie van de Nederlandse Regio Mosselcultuur

IMARES Wageningen UR is ISO 9001:2008 gecertificeerd.

© 2016 IMARES Wageningen UR

IMARES, onderdeel van Stichting DLO.
KvK nr. 09098104,
IMARES BTW nr. NL 8113.83.696.B16.
Code BIC/SWIFT address: RABONL2U
IBAN code: NL 73 RABO 0373599285

De Directie van IMARES is niet aansprakelijk voor gevolgschade, noch voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van IMARES; opdrachtgever vrijwaart IMARES van aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

Dit rapport is vervaardigd op verzoek van de opdrachtgever hierboven aangegeven en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag weergegeven en/of gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier gebruikt worden zonder schriftelijke toestemming van de opdrachtgever.

A_4_3_1 V23

Inhoud

Samenvatting	4
1 Inleiding	6
2 Kennisvraag	8
3 Methoden	9
4 Resultaten	11
4.1 Karakteristieken bronorganismen	11
4.1.1 Vibrio en microbiologie	12
4.1.2 Potentiele andere bekende vectoren	15
4.1.3 Verschillen in accumulatie en detoxificatie in schelpdieren	18
4.1.4 Meest relevante karakteristieken van TTX bronnen	19
4.2 Inventarisatie karakteristieken productiewateren	20
4.3 Mogelijke indeling productiegebieden	24
4.4 Kosten monitoring	26
4.5 Quick Scan beoordeling sociaaleconomische effecten van maatregelen	27
5 Conclusies en aanbevelingen	31
6 Kwaliteitsborging	34
Literatuur	35
Verantwoording	38
Bijlage 1 Berekeningen sociaal-economische waarde oestersector	39

Samenvatting

In 2015 is een onderzoek naar het voorkomen en de meetbaarheid van Tetrodotoxine (TTX) in de Nederlandse schelpdierproductiegebieden uitgevoerd. De analyses zijn een gevolg van internationale rapportages over TTX in schelpdieren, zowel mosselen als oesters (voornamelijk in Griekenland en Groot Brittannië). Het onderzoek in Nederland laat zien dat er in verschillende schelpdiermonsters uit de Oosterschelde TTX aanwezig was.

Het voorkomen van TTX in Nederland lijkt, op basis van feitelijke metingen, beperkt te zijn. Echter, door het gebrek aan; a) voldoende inzicht in het voorkomen van toxinen, b) inzicht in de kans op toxine aanwezigheid in Nederland en c) inzicht in de oorzaak (de bron) van TTX in Nederland, wordt het voorzorgsprincipe gehanteerd.

Het huidige voedselveiligheidsmanagement systeem voorziet niet in het voldoende gericht managen van risico's met onbekende bron. Hiervoor is aanvullend of specifiekere monitoring nodig, ook om data te verzamelen voor toekomstige management maatregelen. Dit biedt mogelijkheden om de productie- (Oosterschelde) en verwatergebieden voor schelpdieren te analyseren op mogelijke verschillen in potentiële aanwezigheid van TTX. Hierdoor is een monitoring- en managementsysteem ontwikkeld dat aansluit bij de onbekendheden van de toxine aanwezigheid en productie in Nederland. Om dit te bereiken is beoordeeld wat de mogelijke karakteristieken zijn voor de toxine producenten en is er een indeling voorgesteld voor de Oosterschelde die rekening houdt met de verschillen in omgevingsfactoren. Zodat een beeld ontstaat van de mogelijke indeling van een dergelijk gebied voor toepassing in monitoring en management.

De oorzaak van het voorkomen van TTX in de Oosterschelde is niet bekend. Mogelijke oorzaken zijn te vinden in *Vibrio* en andere bacteriën, eventueel in symbiose met andere vectoren. Van de bekende TTX producenten uit de literatuur komt alleen de snoerworm *Cephalothrix simula* in de Oosterschelde voor. De exemplaren van *Cephalothrix simula* zijn op de bodem aangetroffen in dichte populaties van schelpkokerwormen en spinragwormen, die mogelijk als voedsel voor deze soort dienen (natuurbericht.nl). Daarnaast komt een *Gibbula* soort (de Asgrauwe tolhoren *Gibbula cineraria*) voor in de Oosterschelde. Het is minder waarschijnlijk dat er een direct verband is tussen deze soorten en TTX in schelpdieren, waar een indirecte route (via sediment) niet is uitgesloten.

Het huidige monitoring programma houdt onvoldoende rekening met management van risico's verbonden aan een onbekende bron. De gegevens over de mogelijke bronnen van TTX in schelpdieren en de karakteristieken hiervan geven de volgende criteria (mede op basis van beschikbaarheid van fysische informatie) om een gebiedsindeling te rechtvaardigen:

- Temperatuur (mede een functie van o.a. diepte)
- Saliniteit
- Troebelheid
- Verblijftijd water
- Stroming / stroomsnelheid
- Bodemsoort
- Schelpdiersoort (soort schelpdier i.v.m. accumulatie en depuratie tijd)

Op basis van verschillen in de fysische gegevens in de deelgebieden betekent dit dat de Oosterschelde opgesplitst kan worden in 16 deelgebieden die allen in meer of minder mate van elkaar te onderscheiden zijn. Een eerste indeling kan gemaakt worden op soort niveau, waarbij de verwaterpercelen en de Oesterproductie percelen in drie gebieden van elkaar gescheiden worden (waardoor 19 verschillende gebieden ontstaan). De gebieden voorzien allen in mogelijk verschil in toxine productie, accumulatie en risico op aanwezigheid van TTX. De verschillen zijn niet kwantificeerbaar, echter vanuit een risicomanagement perspectief zijn de gebieden te benutten voor verbetering van de trefkans, rekening houdend met spreiding.

Het is zeer waarschijnlijk dat er verschillen in accumulatie per schelpdiersoort zijn, waardoor het mogelijk lijkt om soortspecifieke monitoring en management toe te passen. Er kan geen indicator

organisme (hoogste trefkans) worden aangewezen bij gebrek aan informatie over accumulatie van TTX.

De kosten voor monitoring van productiegebieden die rekening houdt met de mogelijke verschillen in aanwezigheid van TTX in schelpdieren is berekend voor een wekelijkse meting en monitoring gedurende twee maanden. De wekelijkse kosten voor monitoring van de Oosterschelde bedragen 9 – 13 keuro. Dit is een bedrag van 70-103 keuro over een periode van 8 weken. Het is niet uitgesloten dat ook buiten het zomerseizoen monitoring noodzakelijk is. Het is aan te bevelen TTX standaard in het monitoringprogramma op te nemen om meer data te verzamelen.

Voor de mosselsector wordt de sociaal-economische waarde van de Yerseke bank in de eerste twee weken van juli geschat op € 5 miljoen met een geschatte werkgelegenheid van 37 fte. Van half juli tot en met eind augustus wordt de waarde geschat op € 3,4 tot € 6,8 miljoen met een geschatte werkgelegenheid van 30 tot 45 fte. Voor de oestersector wordt de sociaal-economische waarde geschat op € 2 miljoen op jaarbasis en een werkgelegenheid van ca 67 fte.

Op basis van de analyse kan een managementsysteem worden ingericht dat rekening houdt met de mogelijke bronnen van TTX. Dit systeem kan gebruikt worden om duidelijke inzichten te verkrijgen in de aanwezigheid van TTX in schelpdieren in de Oosterschelde. Daarnaast is het mogelijk om de gebiedsindeling (of delen ervan) te benutten voor een goede beheersing van de mogelijke voedselveiligheid of economische risico's die het TTX dossier kent.

1 Inleiding

In 2015 is een onderzoek naar de aanwezigheid en de meetbaarheid van Tetrodotoxine (TTX) in de Nederlandse schelpdierproductiegebieden uitgevoerd. De analyses waren een gevolg van internationale rapportages over TTX in schelpdieren, zowel mosselen als oesters (voornamelijk in Griekenland en Groot Brittannië). Het onderzoek in Nederland liet zien dat er in verschillende schelpdiermonsters uit de Oosterschelde TTX aanwezig was.

TTX werd in 2015 aangetoond- in 7 monsters afkomstig uit de Oosterschelde in Nederland. In totaal werden 402 monsters geanalyseerd op aanwezigheid van TTX. Deze resultaten variëren van LOQ (Limit Of Quantitation, 10 µg TTX / kg schelpdiervlees) tot 124 µg TTX / kg schelpdiervlees. Vijf monsters waren afkomstig van het oesterproductiegebied Yerseke bank en twee monsters waren mosselen van productiegebied Mastgat (hangcultures).

In navolging van het constateren van de aanwezigheid van TTX is door de Nederlandse Voedsel en Waren Autoriteit (NVWA) een risicobeoordeling uitgevoerd naar de risico's van TTX in schelpdieren. Op basis van de risico beoordeling is een adviesnorm van 20 µg/kg schelpdiervlees tot stand gekomen. Er bestaat in Europees verband nog geen norm voor TTX in schelpdieren.

De risicobeoordeling kent verschillende aannames, die in de toekomst nader onderzocht dienen te worden (NVWA, 2016). Daarnaast is in Europese context discussie over de toepassing en ontwikkeling van een Europese norm. Op het moment lijkt het uitgangspunt voor de schelpdierkweek en handel dat de Nederlandse adviesnorm gehanteerd zal worden in de productie van schelpdieren. Bij aantonen van TTX is de norm vrijwel direct bereikt, waardoor vanuit voorzorgsprincipes, handhaving en risicomanagement geen Early Warning Indicatoren aanwezig zijn.

De aanwezigheid van TTX in Nederland lijkt, op basis van feitelijke metingen, beperkt te zijn. Echter, door het gebrek aan; a) voldoende inzicht in het de aanwezigheid van toxinen, b) inzicht in de kans op toxine aanwezigheid in Nederland en c) inzicht in de oorzaak (de bron) van TTX in Nederland, wordt het voorzorgsprincipe gehanteerd.

Op dit moment zijn de overheid en schelpdiersector in gesprek over de mogelijke en noodzakelijke maatregelen om eventuele volksgezondheidsrisico's te voorkomen. In dit kader is de schelpdiersector op zoek naar mogelijkheden om de volksgezondheid te beschermen en de economische effecten bij eventueel aantonen van het toxine te beperken. Juist door de kans dat het toxine beperkt voorkomt (in schaal en geografisch) is het hierbij passend de monitoring en managementplannen zo in te richten dat risico's voor de volksgezondheid tijdig worden geconstateerd en dat de kans op zeer lokale aanwezigheid van het toxine voldoende wordt meegenomen. Hiermee wordt ruimte gecreëerd voor risicogebaseerd management.

Het huidige voedselveiligheidsmanagement systeem houdt voornamelijk rekening met risico's met een min of meer bekende oorzaak (toxinen uit algen en fecale bacteriën (*E. coli*)). Het systeem voorziet niet in het voldoende gericht managen van risico's uit onbekende hoek. Hiervoor is aanvullend of specifiekere monitoring nodig, ook om data te verzamelen voor toekomstige management maatregelen.

Bovenstaande biedt mogelijkheden om de productiegebieden (Oosterschelde) en verwatergebieden voor schelpdieren te analyseren op mogelijke verschillen in potentiële aanwezigheid van TTX. Hierdoor kan een monitoring- en managementsysteem ontwikkeld worden dat aansluit bij de onbekendheden van de toxine productie in Nederland. Om dit te bereiken is beoordeeld wat de mogelijke karakteristieken zijn voor de toxine producenten en is er een indeling voorgesteld voor de Oosterschelde die rekening houdt met de verschillen in omgevingsfactoren. Zodat een beeld ontstaat van de mogelijke indeling van een dergelijk gebied voor toepassing in monitoring en management.

Om duidelijk inzichtelijk te krijgen wat mogelijke gevolgen zijn van constatering van TTX in de Nederlandse wateren wordt tevens een globale inschatting gemaakt van de socio-economische effecten en de waarde van de Yerseke bank voor de schelpdiersector. Dit vormt een basis voor afwegingen in de ontwikkeling van monitoring en management plannen voor TTX in de Oosterschelde.

Bovenstaande vragen worden in dit rapport beantwoord door de uitvoering van een Quick scan beheersmaatregelen van TTX in schelpdierproductie in de Oosterschelde.

2 Kennisvraag

De productie- (Oosterschelde) en verwatergebieden voor schelpdieren worden geanalyseerd op mogelijke verschillen in potentiële aanwezigheid van producenten van TTX. Hierdoor kan een monitoring en management systeem ontwikkeld worden dat aansluit bij de onbekendheden van de toxine productie van TTX in Nederland. Om dit te bereiken is beoordeeld wat de mogelijke karakteristieken zijn voor de toxine producenten en is er een indeling voorgesteld voor de Oosterschelde die rekening houdt met de verschillen in omgevingsfactoren. Hiermee ontstaat een beeld van de mogelijke indeling van een dergelijk gebied.

Om duidelijk inzichtelijk te krijgen wat mogelijke gevolgen zijn van constatering van TTX in de Nederlandse wateren is een globale inschatting gemaakt van de socio-economische effecten en de waarde van de Yerseke bank voor de schelpdiersector. Dit vormt een basis voor afwegingen in de ontwikkeling van monitoring en management plannen voor TTX in de Oosterschelde.

Bovenstaande vragen worden beantwoord door de uitvoering van een Quick scan beheersmaatregelen van TTX in schelpdierproductie in de Oosterschelde.

Het doel van deze Quick Scan is;

- A) Risico Assessment volksgezondheid gericht op monitoring en management maatregelen van TTX in de Nederlandse Productie gebieden, waarbij de volgende stappen worden genomen.
 - a. Inventarisatie karakteristieken mogelijke oorzaken (een ruwe inschatting van de potentiële aard van het probleem en het karakter van een dergelijk probleem)
 - b. Quickscan inschatting diversiteit van de Nederlandse productiegebieden o.b.v. beschikbare gegevens en karakteristieken
 - c. Voorstel zinvolle maatregelen (zoals monitoring en indeling gebieden) ten bate van bescherming voedselveiligheid
- B) Quick Scan beoordeling economische effecten van maatregelen
 - a. Kosten analyses en management, waarbij de kosten voor twee management scenario's zijn meegenomen
 - b. Kosten voor twee management scenario's
- C) Quick Scan beoordeling sociaaleconomische effecten van maatregelen

Deze quickscan heeft als doelstelling om een indicatie te geven van de potentiële sociaal-economische effecten van een (gedeeltelijke) sluiting van de Yerseke bank voor de mossel- en oestersector in het geval daar bij mosselen (*Mytilus edulis*) en/of oesters (*Crassostrea gigas*) TTX geconstateerd wordt.

Het rapport betreft een Quickscan. Door de korte doorlooptijd in verband met de organisatie van mogelijke managementmaatregelen was het niet mogelijk een volledige onderbouwing op de verschillende onderdelen te geven. Er is uitgegaan van de indicaties die er momenteel zijn voor de mogelijke oorzaken aan TTX in schelpdieren in Nederland, binnen de beperkte doorlooptijd van het traject. Het betreft dus een analyse op beschikbare gegevens, die waar nodig aangevuld zijn met expert judgement.

3 Methoden

De Quick Scan is in drie stappen uitgevoerd;

1. Risico Assessment volksgezondheid gericht op monitoring en management maatregelen van TTX in de Nederlandse Productie gebieden
2. Quick Scan beoordeling economische effecten van maatregelen
3. Quick Scan beoordeling sociaaleconomische effecten van maatregelen

1) Voor de Risicobeoordeling voor de volksgezondheid gericht op monitoring en management maatregelen van TTX in de Nederlandse Productie gebieden worden de volgende stappen genomen;

Inventarisatie karakteristieken mogelijke oorzaken (een ruwe inschatting van de potentiële aard van het probleem en het karakter van een dergelijk probleem).

De literatuurdatabase Web of Science is doorzocht op mariene organismen waarin TTX is aangetroffen. Voor deze soorten is onderzocht waar hun voedsel uit bestaat. De daaruit volgende lijst is gescreend op soorten die voorkomen in de Oosterschelde. Hiervoor zijn de IMARES schelpdiersurvey database, de MWTL dataset en de websites van WORMS (www.marinespecies.org) en Stichting Anemoon (www.anemoon.org) geraadpleegd.

De literatuurdatabase Web of Science is verder benut voor wetenschappelijke literatuur met betrekking tot bekende TTX productiewegen. De meest relevante literatuur m.b.t. schelpdieren is opgenomen in de omschrijving en karakterisering.

Op basis van de gegevens over de mogelijke TTX producerende organismen is beoordeeld (expert judgement) welke belangrijkste karakteristieken dominant zijn voor de aanwezigheid van deze organismen of voor de potentie dat door deze organismen toxinen in schelpdieren terecht komt.

Hieruit volgt een set karakteristieken die gebruikt is om de productiegebieden voor de Oosterschelde specifiek in beeld te brengen op basis van omgevingsfactoren.

De Quick scan voor inschatting diversiteit van de productiegebieden en verwaterplaatsen in de Oosterschelde wordt o.b.v. beschikbare gegevens en karakteristieken ingedeeld.

Op basis van de beschikbare karakteristieken voor toxine producerende gebieden zijn de relevante kaarten voor de Oosterschelde opgezocht. Deze zijn op basis van expert judgement opgedeeld in gebieden die overeenkomsten of juist verschillen vertonen. Hierbij is gebruik gemaakt van ArcView GIS.

De kaarten die gebruikt zijn, zijn afkomstig van het Nederlandse kennisnetwerk, de bron wordt bij de resultaten vermeld.

Het betreft een Quick Scan, waarbij met name is beoordeeld op verschillen in karakteristieken in het ecosysteem. Het aanwezig zijn van verschillen is niet gekwantificeerd, noch zijn de exacte relaties met de doelorganismen beoordeeld. Het betreft hierdoor een verkenning op basis van verschillen, zonder hierbij onderscheid te maken in de feitelijke kans op TTX.

Voorstel zinvolle maatregelen (zoals monitoring en indeling gebieden) ten bate van bescherming voedselveiligheid

Op basis van de verschillen in karakteristieken is een cumulatieve kaart gemaakt met de indeling van de gebieden. Deze kaarten zijn gebaseerd op de verschillende categorische indelingen.

2) De kostenanalyse is primair gebaseerd op een inventarisatie bij RIKILT voor de analyse van TTX in monsters en een inschatting op basis van gangbare monitoring kosten. De management kosten zijn primair geschat op ruwe uurbasis, zonder deze monetair te maken. De wijze van uitvoering, specifieke door te berekenen kosten en diversiteit aan stakeholders maken het niet mogelijk specifieke uitvoeringskosten te berekenen.

3) Samenvattende beschrijving sociaal economische effecten

De sociaal-economische effecten kunnen uitgedrukt worden in economische schade. Het berekenen hiervan vergt een uitgebreide analyse die binnen het tijdsbestek van dit onderzoek niet mogelijk was. Daarom is als proxy voor de economische schade gebruik gemaakt van de economische waarde die de Yerseke bank voor de mossel- en oestersector vertegenwoordigt. Voor de Yerseke bank is gekozen omdat hier TTX is aangetoond en de geschatte effecten voor de mosselhandel in dit gebied het grootst zijn.

Aannames en beperkingen: In deze Quicksan wordt aangenomen dat productiekarakteristieken, sociaal-economische effecten en de prijsverdeling van mosselen en oesters in Nederland gelijk is verdeeld in ruimte en tijd. Om in deze analyse zoveel mogelijk de waarde te benaderen wordt gebruik gemaakt van bestaande data, literatuur en aanvullende interviews met stakeholders uit de sector. De geschatte sociaal-economische waarde van de Yerseke bank is daarom zeer nadrukkelijk een grove indicatie.

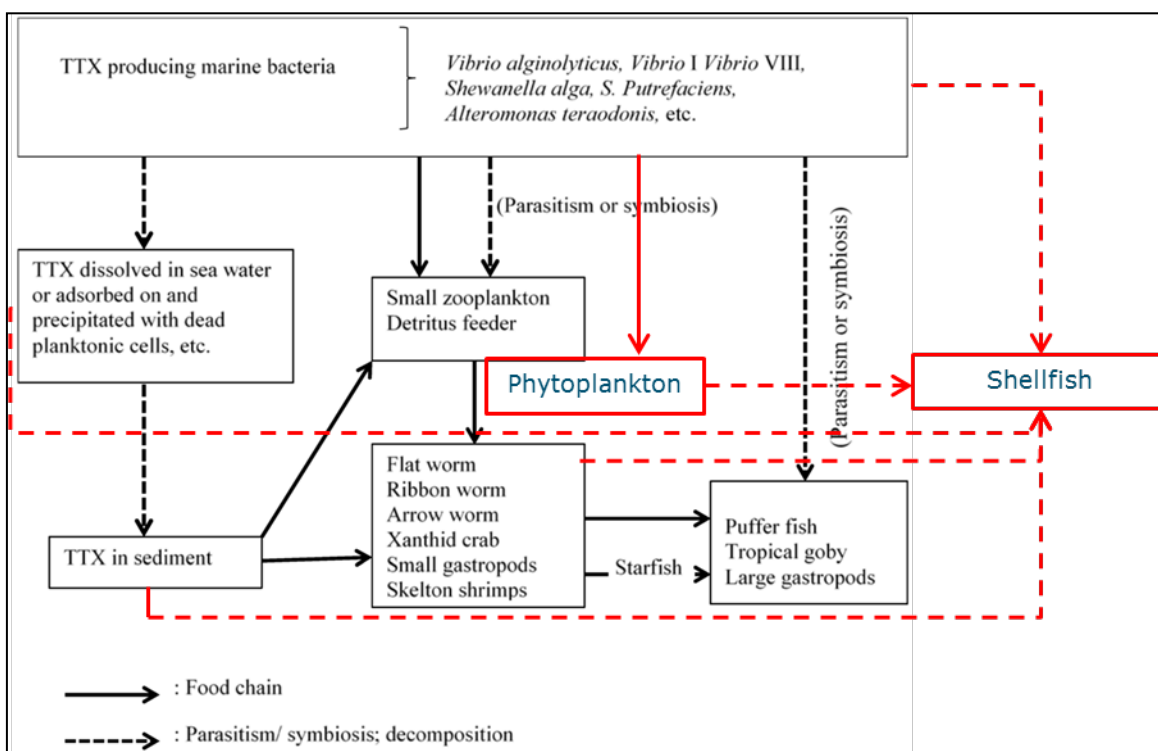
4 Resultaten

4.1 Karakteristieken bronorganismen

Het voorkomen van TTX in dieren wordt vaak gekoppeld aan consumptie van of symbiose met TTX producerende bacteriën (tabel 1). Volgens Vlamis et al (2015) zijn de meest waarschijnlijke manieren van overdracht van TTX van het ene naar het andere organisme via symbiose met bacteriën of via opname van voedsel waar TTX producerende bacteriën op of in zitten. In Griekenland is het voorkomen van TTX geassocieerd met het voorkomen van de microalgensoort *Prorocentrum minimum* (Vlamis et al, 2015). De aan- of afwezigheid van TTX producerende bacteriën is niet aangetoond in deze studie. Croci et al (2006) hebben de hypothese dat TTX producerende bacteriën in associatie leven met microalgen getest voor dinoflagellaten in de Noord Adriatische zee. Daarbij is geen TTX gedetecteerd. In Groot Brittannië is TTX in schelpdieren aangetoond, waarbij de link is gelegd met de aanwezigheid van *Vibrio sp.* (Turner, 2015)

In Nederland is alleen onderzoek gedaan naar de aanwezigheid van TTX in schelpdieren. Er is op basis van het aangetoonde toxine nog geen brononderzoek gedaan. De voorliggende Quick scan naar mogelijke oorzaken en de karakteristieken daarvan houdt rekening met de routes, zoals weergegeven in figuur 1.

Gezien het ontbreken van een duidelijke bron wordt rekening gehouden met TTX productie door fytoplankton, bacteriën (*Vibrio* en andere water gedragen) in de waterkolom, bentische organismen en indirecte bronnen (gastorganismen) in relatie tot schelpdieren.



Figuur 1. Routes voor TTX ophoping in organismen. De onderbroken routes zijn theoretische en indicatieve routes specifiek voor schelpdieren (aangepast uit Noguchi and Arakawa 2008).

Tabel 1. TTX-producerende bacteriën geïsoleerd uit verschillende mariene organismen. Uit: Lago et al, 2015)

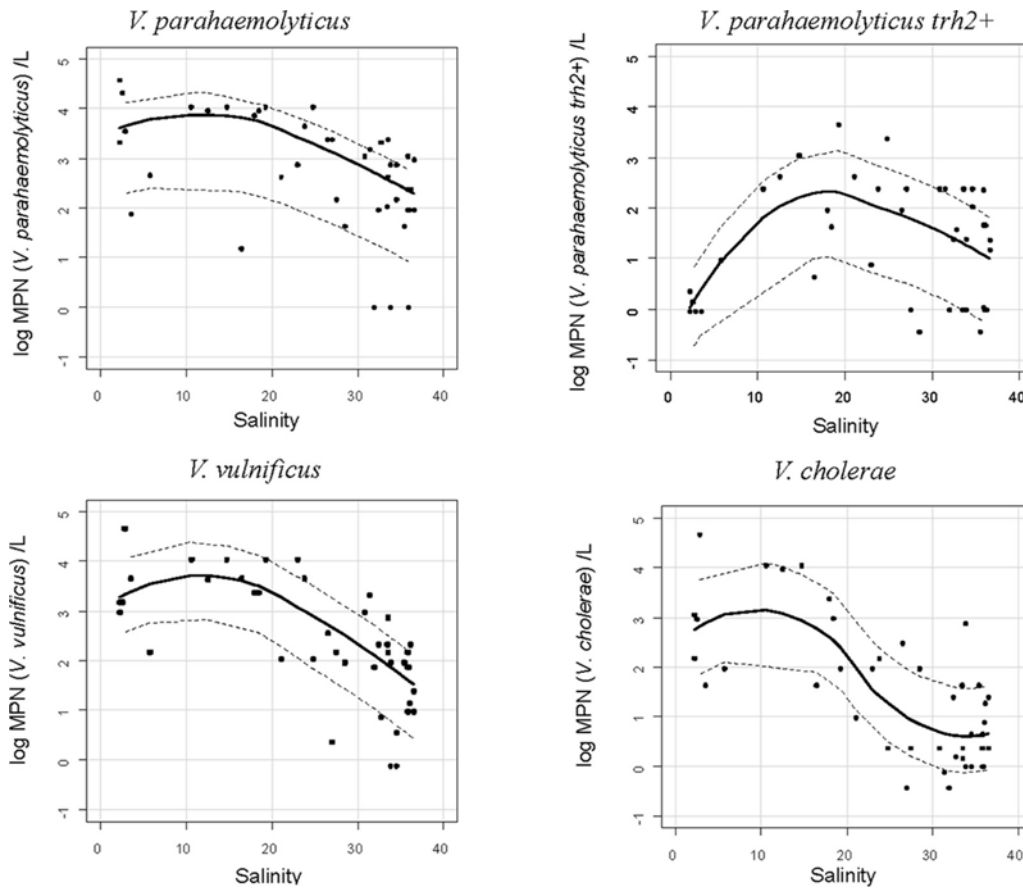
Organisme	Bacterie
Rode algen <i>Jania</i> sp.	<i>Vibrio</i> , <i>Alteromonas</i> en <i>Shewanella</i>
Kreeftachtigen: Copepoden (Parasiten van Kogelvis)	<i>Pseudocaligus fugu</i> en <i>Taeniocanthus</i> sp. <i>Roseobacter</i>
Kreeftachtigen: xanthid krab	<i>Atergatis floridus</i> <i>Vibrio</i> stammen
Weekdieren gastropoden <i>Niotha Clathrata</i>	<i>Vibrio</i> en <i>Pseudomonas</i>
Weekdieren cephalopoden <i>Octopus maculosus</i>	<i>Bacillus</i> , <i>Pseudomonas alteromonas</i> en <i>Vibrio</i> spp.
Stekelhuidigen: zeester <i>Astropecten polyacanthus</i>	<i>Vibrio alginolyticus</i>
xanthid krabben	<i>Vibrio</i>

4.1.1 Vibrio en microbiologie

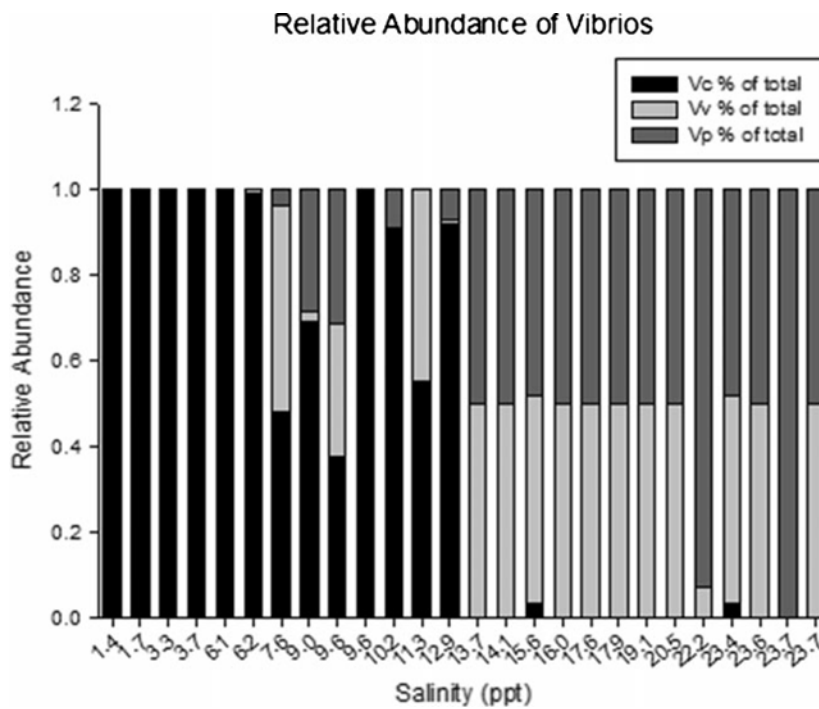
De theorie over de microbiologische (bacteriële) oorsprong van TTX wordt breed gedeeld, met name als gevolg van het toenemend aantal bacteriesoorten waarvan bekend is die de capaciteit hebben om TTX te produceren (zie figuur 1). Onder de geïsoleerde bacterie soorten valt ook *Vibrio*, die aangemerkt wordt als kandidaat voor TTX productie. *Vibrio* is een watergedragen bacterie, die ook in de Oosterschelde voorkomt (met name in de zomermaanden abundant). In voorliggende studie richten we ons primair op de bacteriepopulatie, de vector (fytoplankton, water of sediment) is van belang voor eventueel brononderzoek.

Temperatuur is een belangrijke factor die de populatiedynamiek van *Vibrio* sp in kust en mariene ecosystemen bepaald. Blackwell and Oliver (2008) monitorden de aanwezigheid van drie *Vibrio* soorten (*V. vulnificus*, *V. cholerae* and *V. parahaemolyticus*) in de estuaria in North Carolina. De hoogste concentraties van deze soort zijn gevonden gedurende warme maanden bij temperaturen boven 20°C. Dezelfde drie soorten zijn door Esteves et al. (2015) bestudeerd in lagunes aan de Franse middellandse zee kust. Gedurende deze studie bleken de temperaturen (15 tot 24°C) geschikt voor de aanwezigheid en vermenigvuldiging van deze soorten.

Daarnaast liet de studie ook zien dat de dynamiek van *Vibrio*'s wordt bepaald door saliniteit. Als gevolg van zware regenstormen werd zoetwater afgevoerd via de lagunes, wat leidde tot een abrupte afname in saliniteit (van 30 ppt naar 2.2 ppt). Een saliniteit tussen 10-20 ppt hielp de ontwikkeling van *V. parahaemolyticus*, terwijl hogere concentraties *V. vulnificus* gevonden zijn bij 10-15 ppt and *V. cholerae* bij 5-12 ppt (figuur 2). Soortgelijke waarnemingen zijn gedaan in de Mississippi sound. Griffit and Grimes (2013) hebben de effecten van wisselende saliniteit als gevolg van de influx van zoetwater voor drie pathogene *Vibrio* soorten bestudeerd (figuur 3). Voor zowel temperatuur als saliniteit geldt dat bij grote fluctuaties ook grote verschillen in abundantie worden waargenomen.



Figuur 2. Log concentraties van *V. parahaemolyticus*, *V. vulnificus*, *V. cholerae*, and *trh2+**V. parahaemolyticus* in relatie tot saliniteit in lagunes aan Franse middellandse zee kust (Esteves, 2015)



Figuur 3. Voorkomen van *V. parahaemolyticus*, *V. vulnificus*, *V. cholerae* in de Missisipi Sound. (Griffitt, 2013)

Naast temperatuur en saliniteit zijn er verschillende chemische, fysische en bacteriologische parameters van belang in de ecologie en dynamiek van *Vibrios*.

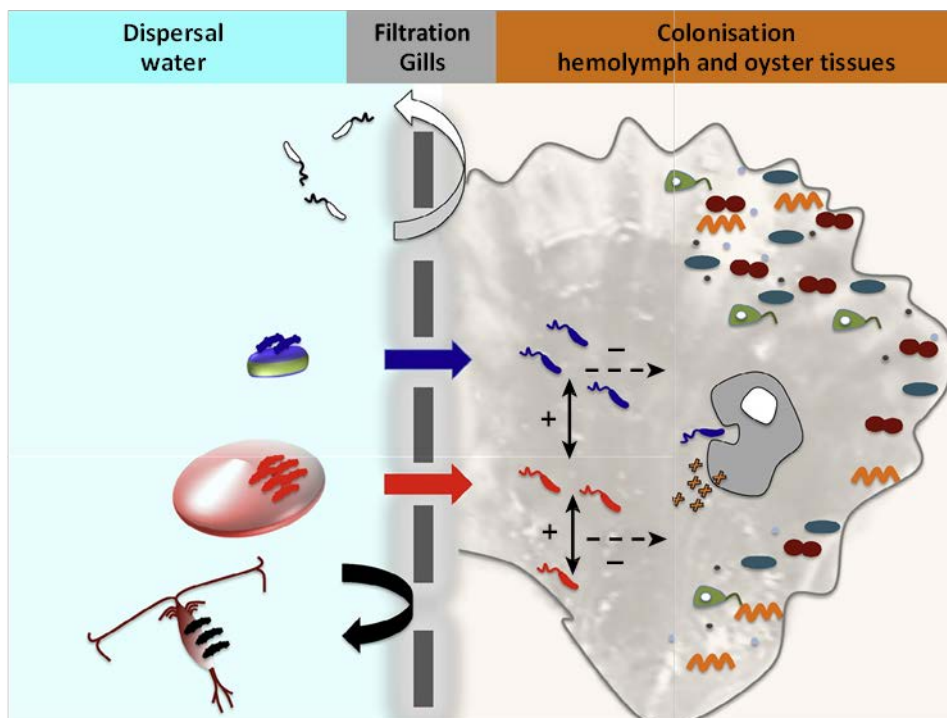
Tweekleppige weekdieren zijn vectoren voor bacteriële en virale ziekten. De bioaccumulatie en eliminatie kinetiek van enterische bacteriën en virussen door schelpdieren variërend met de soort schelpdier, het type micro-organisme, de milieu omstandigheden en het seizoen.

Verscheidene studies hebben de opname en verblijftijd van *Vibrio* sp. bestudeerd. De meeste studies maken gebruik van gekweekte *Vibrio*'s, waarna artificiële contaminatie van schelpdieren in aquaria plaatsvindt.

Crassostrea virginica die zijn blootgesteld aan concentraties van 10^4 cellen *V. cholerae* per ml zijn in staat om meer dan 10^3 cellen per g vlees in minder dan een uur te accumuleren bij 25°C en 25 ppt. Wanneer blootstelling aan dezelfde concentratie, maar bij een temperatuur van 19°C plaatsvond is in 4 uur accumulatie van 10^2 cellen per g vlees behaald. In beide gevallen bleven de gehalten aan *V. cholerae* gedurende de tijd toenemen. *V. cholerae* bleef gedurende 48 uren in het oestervlees bij zuivering onder gecontroleerde omstandigheden (Musphree and Tamplin, 1991).

Herrfurth et al., (2013) onderzochten de opname, lokalisering en verblijf van drie *Vibrio* soorten (*V. vulnificus*, *V. cholerae* en *V. parahaemolyticus*) in mosselen (*Mytilus edulis*) na artificiële contaminatie. Bij een temperatuur van 15°C en een saliniteit van 20 ppt accumuleerden bacteriën snel in de schelpdieren. Hierbij zijn met name in het spijsverteringskanaal hoge concentraties behaald, na 1.5 uur ($6.93 \cdot 10^8$ cve/g voor *V. parahaemolyticus*, $1.53 \cdot 10^7$ cve/g voor *V. cholerae*, and $2.23 \cdot 10^7$ cve/g voor *V. vulnificus*). 7 dagen na zuivering (tank bevatte gefiltreerd, steriel zeewater) zijn gemiddelde concentraties van ongeveer 10^3 cve/g gevonden in het spijsverteringskanaal van *M. edulis*.

Dit laat zien dat *Vibrio*'s een snelle accumulatie tijd hebben. Er is geen informatie beschikbaar over de relatie met TTX.



Figuur 4. Intrusie mechanisme *Vibrio*'s in schelpdieren. (wit: vrije vorm; blauw en rood: geassocieerd met partikels; zwart: associatie met dieren) (Le Roux, 2016)

In zeewater komen *Vibrios* met name voor in nauw gerelateerde, ecologisch gedifferentieerde populaties (figuur 4). Deze populaties kunnen virulente genen bevatten (rode *Vibrios* in fig 4), wat betekent dat ze als reservoir voor pathogenen kunnen dienen. Om succesvol het weefsel van de gastheer binnen te treden moeten cellen de kieuwen passeren en het immuunsysteem ontwijken en met inheemse microflora in competitie. Door filtratie komen *Vibrio*'s al dan niet gebonden aan slib het

schelpdier binnen. Daarnaast blijven *Vibrio*'s in het darmkanaal achter. Ook hier dient de interactie tussen *Vibrios*, TTX productie en schelpdieren nader onderzocht te worden.

Op basis van bovenstaande informatie kunnen de volgende karakteristieken aan het voorkomen van *Vibrio* in de Oosterschelde worden gekoppeld;

- Saliniteit
- Temperatuur
- Troebelheid (opname in schelpdieren)
- Verblijftijd water (accumulatie potentie, relatie temperatuur en groei)
- Stroming / stroomsnelheid (accumulatie potentie, en groei)
- Soort schelpdier

4.1.2 Potentiele andere bekende vectoren

Tabel 2 geeft een overzicht van dieren waarin TTX is aangetroffen. Veelal betreft het een geval van humane consumptie waarna het toxine in het dier is aangetoond. Voorbeelden van dieren waarin TTX is aangetroffen zijn kogelvissen en gobies, huisjesslakken, inktvissen en krabben. TTX kan in het dier terecht zijn gekomen door consumptie van andere dieren zoals zeesterren en wormen. De zeester *Astropecten polyacanthus* wordt bijvoorbeeld gegeten door de slak *Charonia sauliae* (Narita et al., 1984). Ook zijn TTX producerende bacteriën geïsoleerd uit de darm van de slak *Charonia sauliae* (Narita et al., 1989). Met het toenemen van de watertemperatuur kunnen TTX bevattende soorten uit zuidelijker gebieden zich meer noordelijk gaan verspreiden (Silva et al 2012).

Van de soorten uit tabel 2 komt alleen de snoerworm *Cephalothrix simula* in de Oosterschelde voor (Figuur 5a) (natuurbericht.nl). De exemplaren van *Cephalothrix simula* zijn op de bodem aangetroffen in dichte populaties van schelpkokerwormen en spinragwormen, die mogelijk als voedsel voor deze soort dienen (natuurbericht.nl). Voor zover bekend zijn geen analyses uitgevoerd om te bepalen of TTX aanwezig was in snoerwormen uit de Oosterschelde. Daarnaast komt een *Gibbula* soort (de Asgrauwe tolhoren *Gibbula cineraria*) voor in de Oosterschelde (Figuur 5b). Deze soort wordt geassocieerd met aanvoer van oesters en mosselen door de schelpdierhandel en -kweek vanaf halverwege de jaren 70 (www.anemoon.org). *Gibbula cineraria* eet algen en detritus. Zowel snoerwormen als de tolhoorn komen voor in de buurt van schelpdieren. Waarschijnlijk krijgen ze TTX producerende bacteriën binnen via hun voedsel of wordt TTX in het maagdarmkanaal door bacteriën aangemaakt (figuur 1). Een besmettingsroute via de snoerworm of de tolhoren lijkt een minder waarschijnlijke oorzaak van TTX in schelpdieren in de Oosterschelde, omdat deze geen directe prooi voor mosselen zijn. Het kan wel via indirecte routes, zoals sediment in mosselen terecht komen, hierdoor kan de bodemsoort en sedimentsamenstelling van belang zijn.

De karakteristieken van het voorkomen van TTX door bekende vectoren (of geassocieerde) met schelpdieren zijn samengevat de volgende ;

- Bodemsoort (ecotoop)
- Soorten interactie (symbiose met bacteriën en andere soorten)
- Soorten interactie (accumulatie door opname andere soorten)
- Troebelheid (opwerveling sediment)
- Aanwezigheid van predatoren en prooi (accumulatie door opname andere soorten)



Figuur 5a. De snoerworm *Cephalothrix simula* is in 2012 voor het eerst in de Oosterschelde aangetroffen (foto: Marco Faasse). Uit: Giftige nieuwe soort snoerworm in onze kustwateren aangetroffen, natuurbericht.nl, 19 juli 2015



Figuur 5b. De Asgrouwe tolhoren *Gibbula cineraria* (www.anemoon.org).

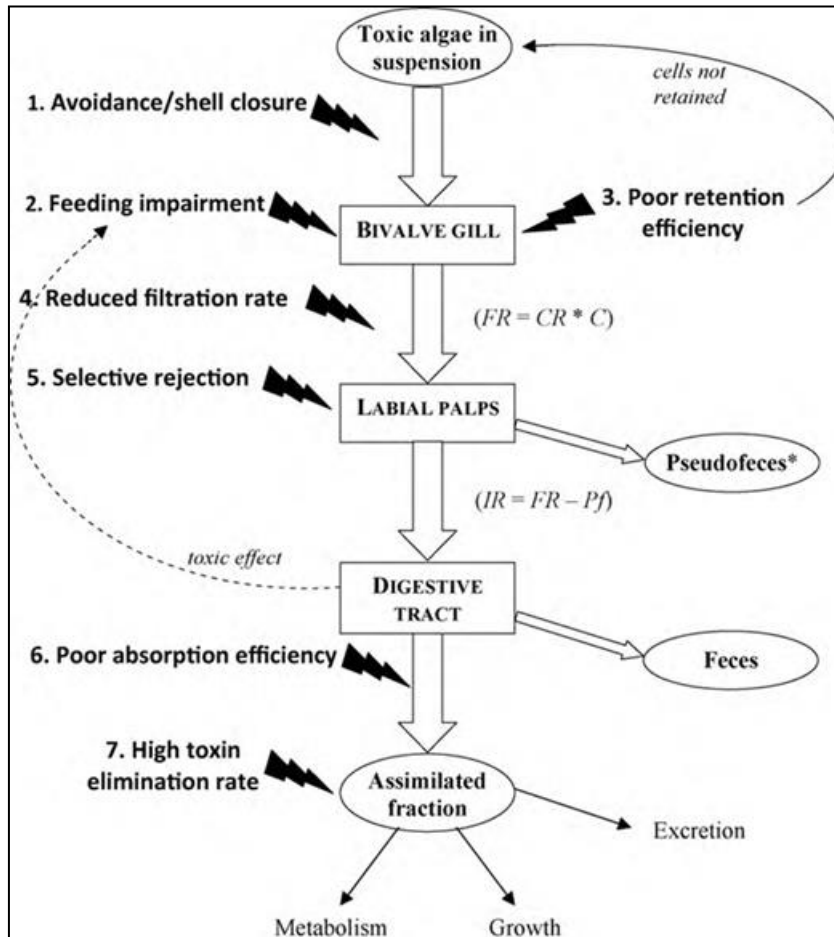
Tabel 2. Dieren (exclusief schelpdieren) waarin TTX is aangetroffen.

Groep	Soort	Land en gebied	Datum	Referentie
Vissen	<i>Diodon hystrix</i>	Hawaii, USA	1986	Lago et al, 2015
Vissen	kogelvis	Japan	april 1996	Lago et al, 2015
Vissen	<i>Takifugu poecilonotus</i>	Nagasaki, Japan	oktober 1996	Lago et al, 2015
Vissen	<i>Takifugu niphobles</i>	Chungua, Taiwan	january 2000	Lago et al, 2015
Vissen	13 soorten kogelvis	Bangladesh	1998–2008	Lago et al, 2015
Vissen	<i>Lagocephalus inermis</i>	Nagasaki, Japan	oktober 2008	Lago et al, 2015
Vissen	<i>Lagocephalus scleratus</i>	kust van Reunion	september 2013	Lago et al, 2015
Vissen	<i>Lagocephalus lunaris</i>	Indo-Pacifisch	juni 2014	Lago et al, 2015

Vissen	<i>Amoya caninus</i>	Guangdong, China	maart 2012	Lago et al, 2015
Vissen	<i>Yongeichthys nebulosus</i>	Guangdong, China	maart 2012	Lago et al, 2015
Slakken	<i>Nassarius glans</i>	Tungsa Island, Taiwan	april 2004	Lago et al, 2015
Slakken	<i>Charonia sauliae</i>	Shimizu, Shizuoka, Japan	december 1979	Lago et al, 2015
Slakken	<i>Pleurobranchaea maculata</i>	10 populaties rond Nieuw Zeeland		Wood et al 2012
Slakken	<i>Umbonium suturale</i>	Indo-Pacifisch		Bane et al 2014
Slakken	<i>Natica lineata</i>	Indo-Pacifisch		Bane et al 2014
Slakken	<i>Polinices didyma</i>	Indo-Pacifisch		Bane et al 2014
Slakken	<i>Charonia lampas lampas</i>	Spanje	2007	Rodriguez et al 2008
Slakken	<i>Babylonia japonica</i>	Korea, Japan en Taiwan		Noguchi et al 2011
Slakken	<i>Tutufa lissostoma</i>	Indo-West Pacifisch		Noguchi et al 2011
Slakken	<i>Niotha clathrata Zeuxis siquijorensis</i>	Taiwan en China	1977 tot 2004	Noguchi et al 2011
Slakken	<i>Niotha lineata</i>			Noguchi et al 2011
Slakken	<i>Cymatium echo</i>	west Atlantisch		Noguchi et al 2011
Slakken	<i>Pugilina ternatanus</i>	west Pacifisch		Noguchi et al 2011
Slakken	<i>Pleurobranchaea maculate</i>	Nieuw Zeeland	2009	Noguchi et al 2011
Slakken	<i>Gibbula umbilicalis</i>	Portugese kust	2009/2010	Silva et al 2012
Slakken	<i>Monodonta lineata</i>	Portugese kust	2009/2010	Silva et al 2012
Inktvissen	<i>Hapalochlaena fasciata</i>	Taipei, Taiwan	december 2010	Lago et al, 2015
Inktvissen	<i>Hapalochlaena maculosa</i>	Indo-Pacifisch		Noguchi et al 2011
Krabben	<i>Carcinoscorpius rotundicauda</i>	Chon Buri, Thailand		Lago et al, 2015
Krabben	<i>Atergatis floridus</i>	Indo-Pacifisch		Noguchi et al 2011
Krabben	<i>Zosimus aeneus</i>	Indo-Pacifisch		Noguchi et al 2011
Zeesterren	<i>Astropecten polyacanthus</i>	Indo-Pacifisch		Noguchi et al 1982
Zeesterren	<i>Astropecten spp.</i>	Indo-Pacifisch en Middellandse Zee		Noguchi et al 2011
Wormen	<i>Planocera spp.</i>			Noguchi et al 2011
Wormen	<i>Cephalothrix simula</i>			Asakawa et al 2000, Kajihara et al 2013
Wormen	<i>Cephalothrix linearis</i>	Europese marine wateren		Noguchi et al 2011
Wormen	<i>Lineus fuscoviridis</i>			Noguchi et al 2011
Wormen	<i>Tubulanus punctatus</i>			Noguchi et al 2011
Wormen	<i>Parasagitta spp.</i>			Noguchi et al 2011
Wormen	<i>Flaccisagitta spp.</i>			Noguchi et al 2011
Wormen	<i>Pseudopolamilla ocellata</i>			Noguchi et al 2011

4.1.3 Verschillen in accumulatie en detoxificatie in schelpdieren

Verschillende soorten schelpdieren kunnen grote verschillen hebben in de accumulatie van fycotoxinen. Dit hangt af van onder andere de balans tussen de processen die de regulatie van toxine opname (opname en absorptie van toxische cellen en toxinen) bepalen en de eliminatie processen (zoals vertering, uitwisseling met weefsel, uitscheiding, afbraak e/of biotransformatie) bepalen gedurende toxische evenementen (zoals voorkomen van algen en bacteriën) (Mafra et al., 2010) (figuur 6). Voor TTX in schelpdieren zijn de exacte routes niet bekend. De mogelijke verschillen in opname zullen ontleend moeten worden aan de informatie van andere toxinen dan TTX.



Figuur 6. Schema van de energiebalans en routes voor opname van toxische algencellen voor een tweekleppig weekdier (Mafra et al., 2010)

Uit literatuur is bekend dat als mosselen gedurende een periode van 4 weken aan dichte algenbloei van *Dinophysis acuminata* worden blootgesteld, de mossel een accumulatie van DST (diarrhetic shellfish toxins, specifiek Okadazuur (OA) en Pectenotoxine (PTX) groep vertoont. Accumulatie van OA in mosselen bleek 10-50 keer hoger dan de waarden die zijn aangetoond in de platte oester (*Ostrea edulis*), onder dezelfde omstandigheden. Lindegarh et al., (2009) had de hypothese dat het verschil in retentie en toxine profielen tussen schelpdieren een gevolg is van de verschillen in darm assimilatie en/of biotransformatie van de toxine groepen. Ondanks het verschil in accumulatie zijn er geen verschillen in afnamesnelheden geobserveerd.

Mafra et al., (2009), toonden een lage domoi-zuur (neurotoxine dat Amnesic Shellfish Poisoning veroorzaakt) opname aan bij oesters (*C. virginia*) die zich hadden gevoed met *Pseudonitzschia sp.* cellen. Dit linken zij aan de waargenomen gereduceerde "clearance rates" en het uitscheiden van cellen via pseudofaeces. Een vervolgstudie in 2010 liet zien dat de voedingsmechanismen de basis zijn voor verschillen in opname. Wanneer de oesters en mosselen gevoerd werden met kortcellige *P. multiseriis* (clone) resulteerde dit in een hogere accumulatie van domoizuur in mosselen dan in

oesters. Blootstelling aan een langcellige kloon resulteerde in een toename van factor 10 maal in mosselen. Dit illustreert duidelijke verschillen in toxine opname als gevolg van het type dieet en het soort schelpdier.

Bij blootstelling aan dinoflagellaten (Sumway, 1990), kan *M. edulis* grote concentraties paralytische schelpdiertoxinen (PST) accumuleren. De reden hiervoor is de aanwezigheid van zenuwen die ongevoelig zijn voor PSP toxinen dat zorgt dat ze actief blijven voeden op de giftige cellen (Bricelj et al., 1990). Daarentegen zijn oesters (*C. virginica*) zeer gevoelig voor PSP toxinen (Bricelj en Shumway, 1998) en bereiken alleen een zeer geringe toxiciteit. Ze vertonen gedrags- en fysiologische mechanismen die hun veranderen bij blootstelling aan de giftige algen.

Voor TTX zijn een tweetal studies bekend, waarbij toxine is aangetoond in schelpdieren. In Zuid Engeland (Groot Brittannië) is TTX aangetoond in oesters (Turner, 2015). Er is op dit moment onvoldoende data beschikbaar om de precieze verschillen tussen schelpdieren in gelijke omgeving aan te tonen. In Griekenland is TTX aangetoond in mosselen, waarbij de link is gelegd met voorkomen van de alg *Prorocentrum minimum*. Hierbij lijkt het dat TTX ook in dit geval door bacteriën is geproduceerd (Botana, 2016). Gezien de beperkte databeschikbaarheid over TTX in schelpdieren, de rapportage van TTX aanwezigheid in verschillende schelpdieren en de bekende verschillen in accumulatie van andere fycotoxinen kan ervan uitgegaan worden dat ook TTX in verschillende schelpdieren verschillend accumuleert en dat daarmee verondersteld kan worden dat dit leidt tot verschillende gehalten onder vergelijkbare omstandigheden.

4.1.4 Meest relevante karakteristieken van TTX bronnen

Op basis van de bovenstaande informatie is geïnventariseerd welke karakteristieken van het bronorganisme relevant zijn voor productie van toxine en opname in schelpdieren. In tabel 3 is een overzicht gegeven van de meest relevante parameters per potentiële bron. Deze tabel vormt de basis voor een verdere selectie van relevante (beschikbare) gegevens voor het Oosterschelde gebied. Het betreft hier een Quick Scan, die moet leiden tot een werkbaar gebruik van de meest relevante karakteristieken, waarmee productiegebieden kunnen worden geëvalueerd. Doordat er slechts beperkt of geen onderzoek beschikbaar is naar de kans en zekerheid waarop de bronnen ook daadwerkelijk toxine vormen in de Nederlandse situatie is uitgegaan van algemeen bekende ecosysteem karakteristieken.

Tabel 3. Overzicht van de (omgevings) karakteristieken die van invloed zijn op de mogelijke aanwezigheid van potentiële kandidaten voor TTX productie en accumulatie in schelpdieren in de Oosterschelde. Bij de onbekende bronnen zijn alle relevante omgevingsfactoren benoemd.

Karakteristieken	<i>Vibrio</i>	Microbiologische symbiose	Overige relevante organismen	Onbekende bron
Temperatuur (en diepte)	X	X		X
Saliniteit	X	X		X
Troebelheid	X	X	X	X
Verblijftijd water	X	X		
Stroming / stroomsnelheid	X	X	X	X
Bodemsoort			X	X
Soorten interactie (symbiose)			X	X
Soorten interactie accumulatie door opname			X	X
Licht beschikbaarheid				X
Nutriënt beschikbaarheid			X	X
Soort schelpdier	X	X	X	X
Aanwezigheid predatoren en prooi			X	X

De belangrijkste sturingsmechanismen voor de potentiële aanwezigheid van TTX producerende organismen, als vector voor schelpdieren zijn de volgende parameters;

- Temperatuur (mede een functie van o.a. diepte)
- Saliniteit
- Troebelheid
- Verbliftijd water
- Stroming / stroomsnelheid
- Bodemsoort
- Soort schelpdier (i.v.m. accumulatie en depuratie tijd)

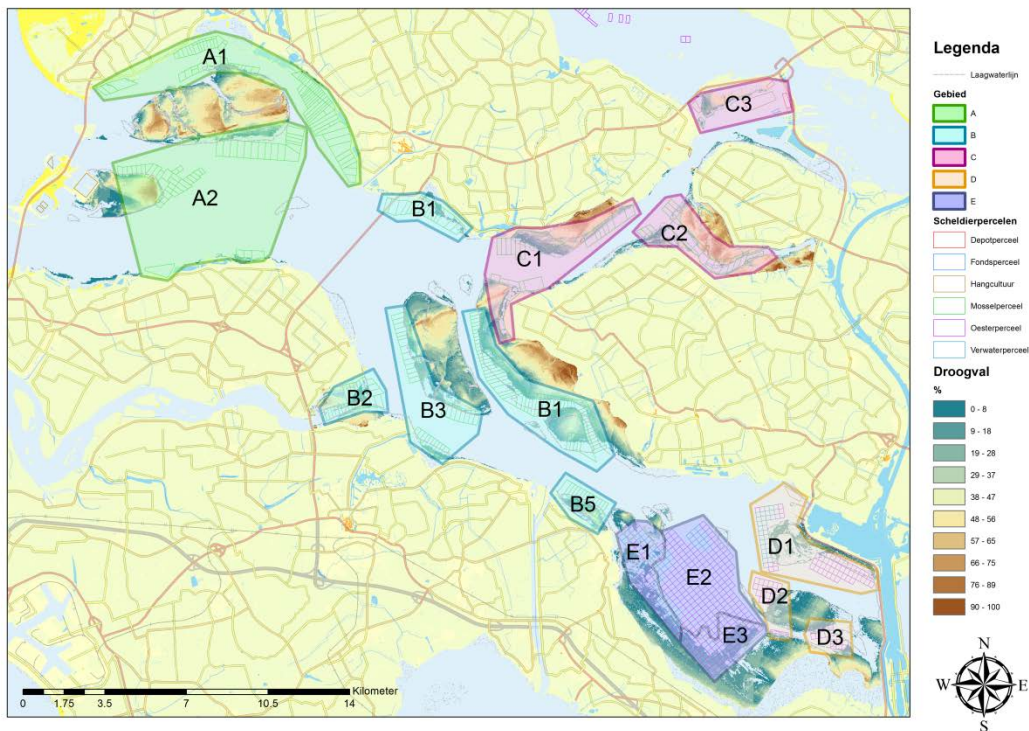
Deze gegevens set wordt gebruikt voor de indeling van de Oosterschelde in deel en sub gebieden op basis van verschillen in het ecosysteem.

4.2 Inventarisatie karakteristieken productiewateren

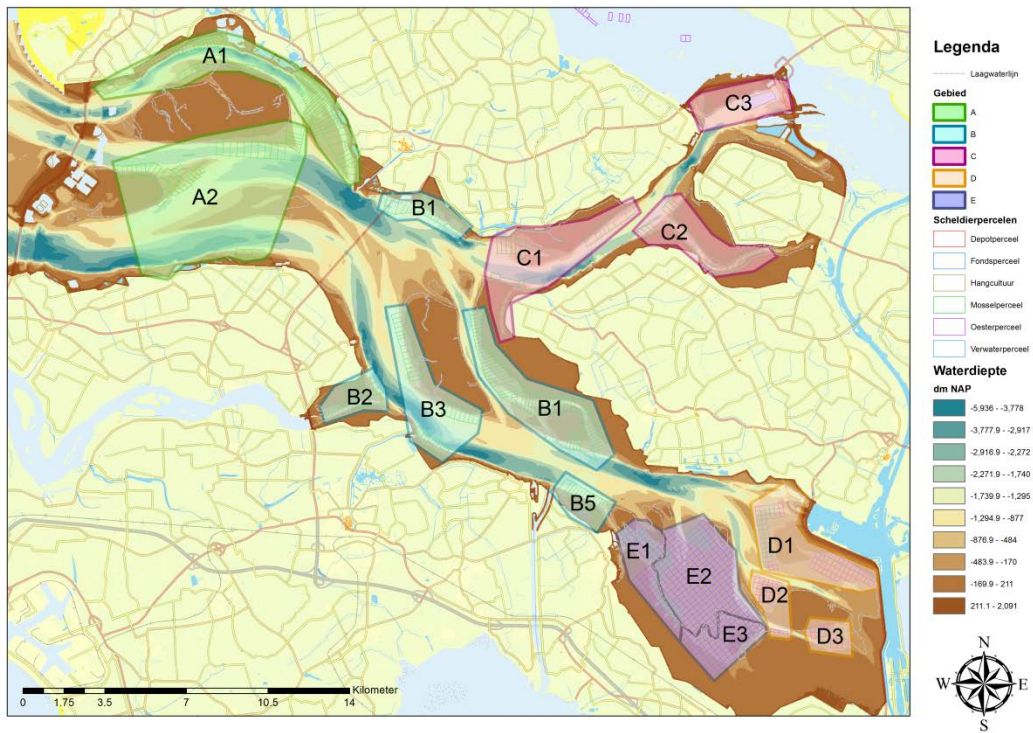
Op basis van de beschikbare karakteristieken uit paragraaf 4.1 zijn de karakteristieken van de Oosterschelde beoordeeld. Hierbij is beoordeeld op verschillen in de dynamiek van het systeem. Er is onderscheid gemaakt in verschillende deelgebieden (A t/m D), dit zijn gebieden zoals ingedeeld voor de sanitaire controle op fytoplankton en mariene toxinen, aangevuld met een opsplitsing in de Kom van de Oosterschelde (E). Deze indeling houdt deels al rekening met het ontstaan van "nieuwe" toxinen door algen, waarbij op soortniveau nog specificaties nodig zijn.

De deelgebieden (A t/m E) zijn vervolgens verder opgesplitst in sub gebieden, deze sub gebieden kunnen op basis van de verschillen in karakteristieken worden opgedeeld. In figuur 7 t/m 13 zijn de verschillen tussen de deelgebieden weergegeven.

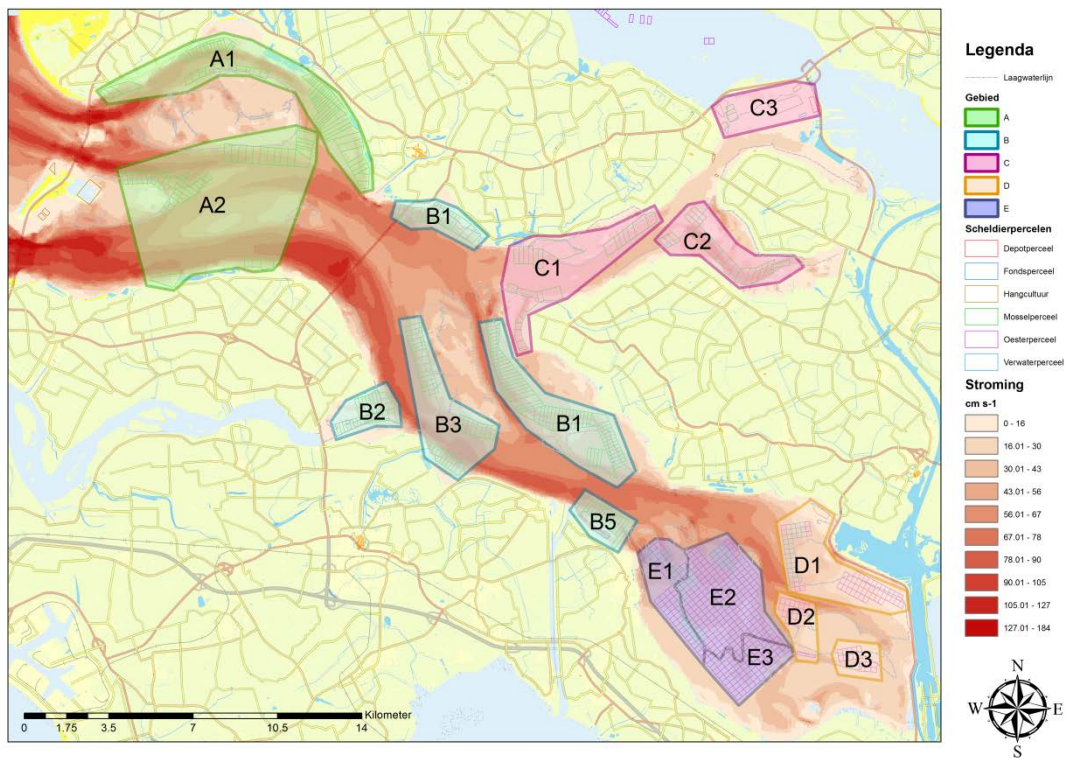
De specifieke redenen voor de indeling per kaart zijn niet weergegeven, aangezien er in de meeste gevallen meerdere karakteristieken zorgen voor de diversiteit van het gebied. Kanttekening bij de indeling is dat deze met name heeft plaatsgevonden op zichtbare verschillen in de criteria. Er is geen statistische of kwantitatieve onderbouwing gegeven. De combinatie van criteria maken de afgebakende gebieden voldoende verschillend om een opdeling noodzakelijk te maken.



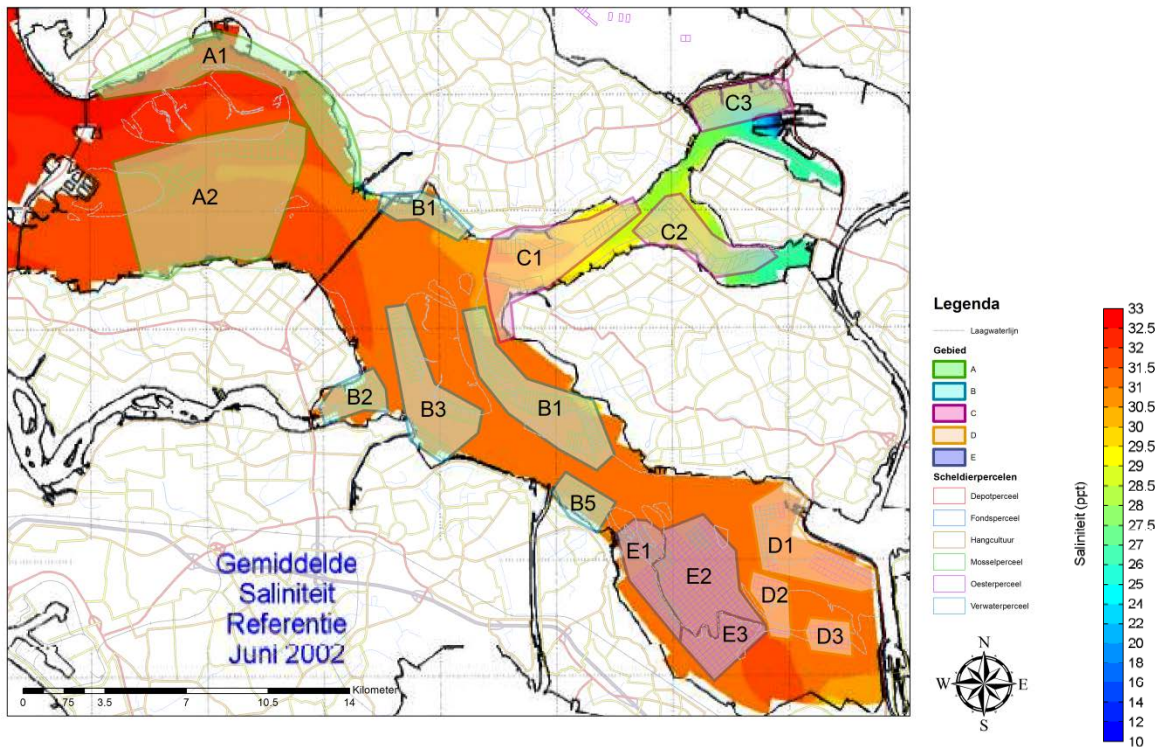
Figuur 7. Overzicht van de TTX monitoringsgebieden in de Oosterschelde. De onderliggende kaart geeft de droogvalduur (%) van de slikken en platen weer



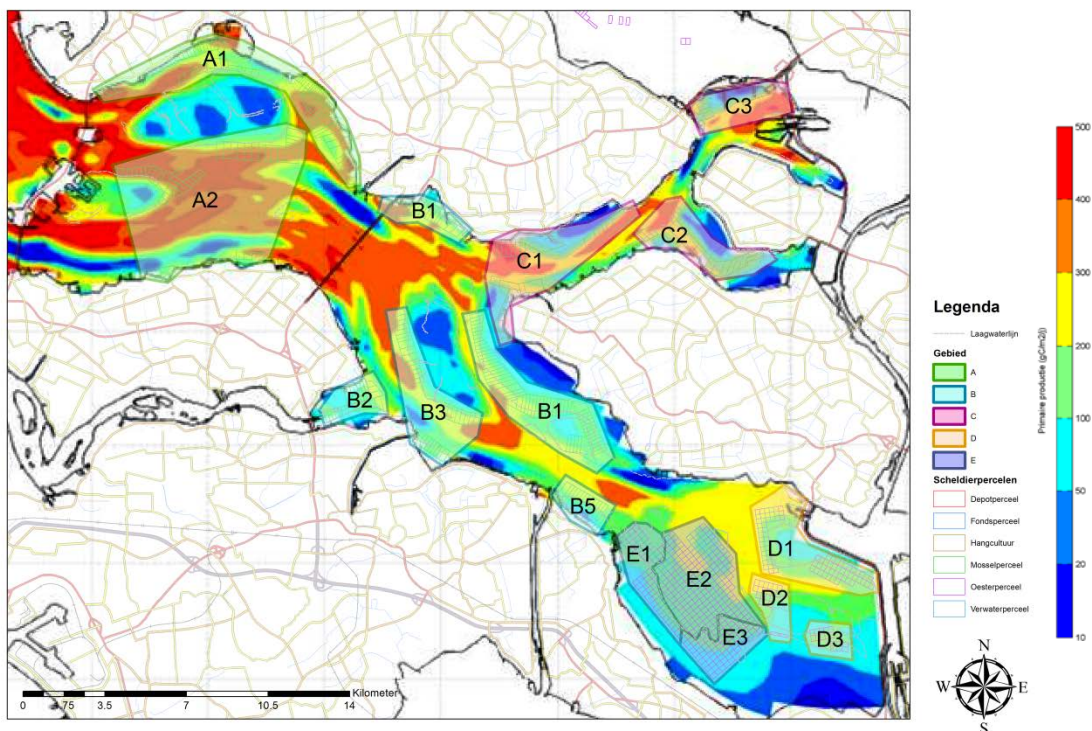
Figuur 8. Overzicht van de TTX monitoringsgebieden in de Oosterschelde. De onderliggende kaart geeft de diepte (dm NAP)



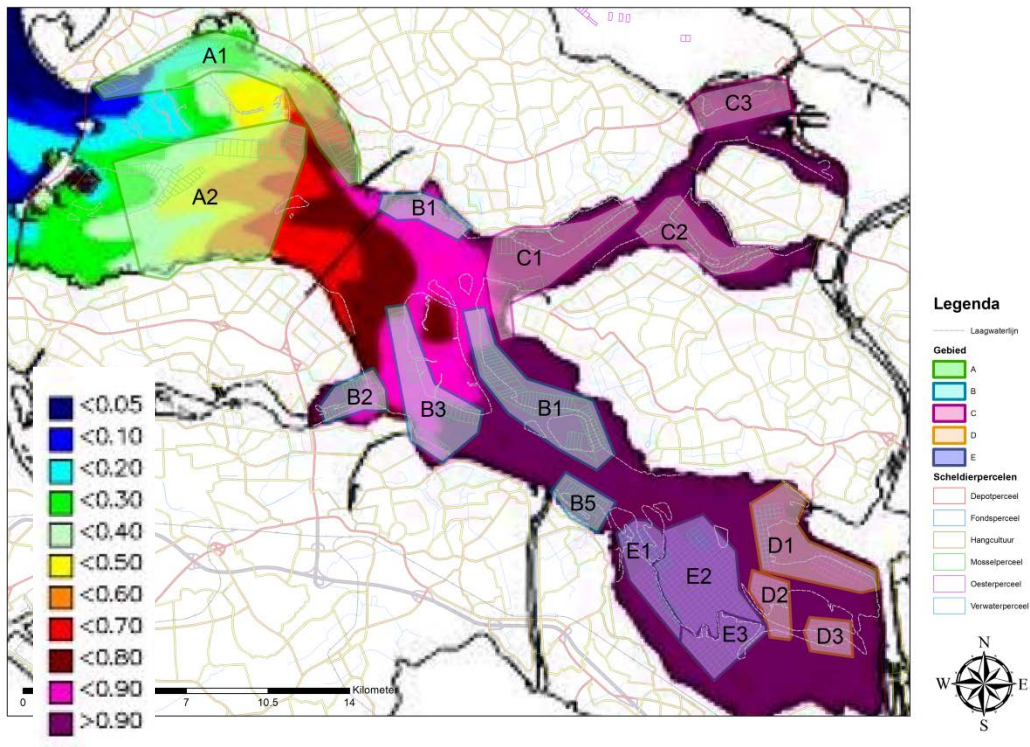
Figuur 9. Overzicht van de TTX monitoringsgebieden in de Oosterschelde. De onderliggende kaart geeft de berekende stroomsnelheid (cm s⁻¹)



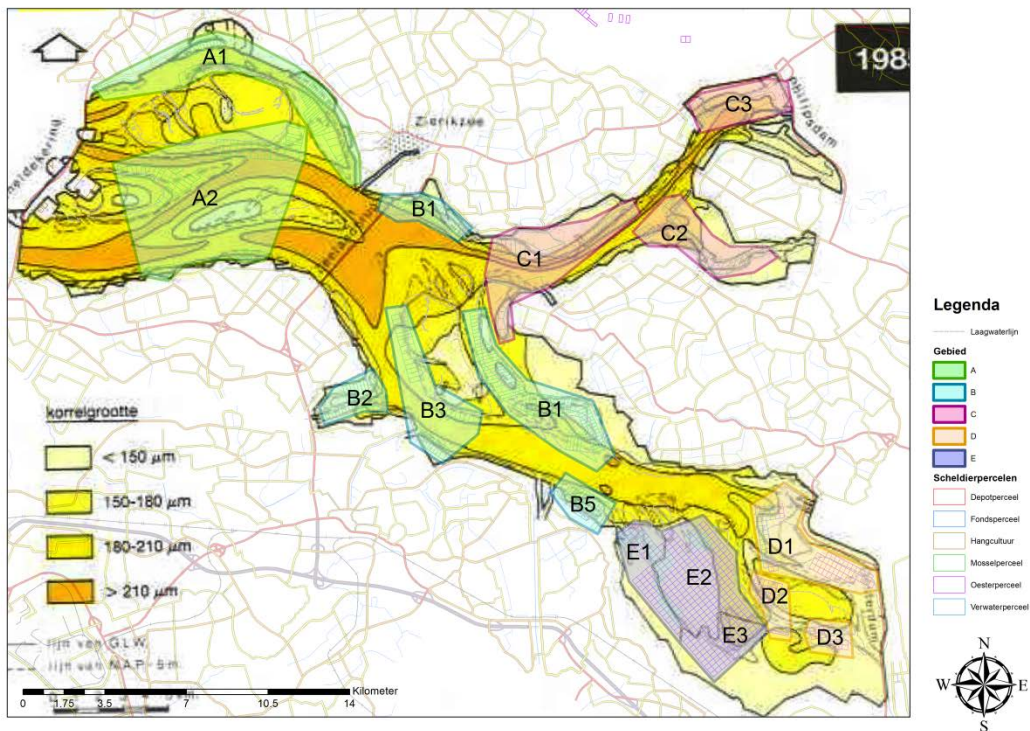
Figuur 10. Overzicht van de TTX monitoringsgebieden in de Oosterschelde in 2002. De onderliggende kaart geeft het gemiddelde zoutgehalte (ppt) weer zoals berekend met een model (Nolte en De Vries, 2012)



Figuur 11. Overzicht van de TTX monitoringsgebieden in de Oosterschelde. De onderliggende kaart geeft het gemiddelde primaire productie (gC m⁻² jaar⁻¹) weer zoals berekend met een model (Nolte en De Vries, 2012)



Figuur 12. Overzicht van de TTX monitoringsgebieden in de Oosterschelde. De onderliggende kaart geeft het gemiddelde verversingssnelheid van het water met Noordzeewater. Met de kleuren is het percentage Oosterscheldewater na 1 week weergegeven (Van Eck e.a., 2001)



Figuur 13. Overzicht van de TTX monitoringsgebieden in de Oosterschelde. De onderliggende kaart is een oude kaart uit 1985 met de mediane korrelgrootte van het sediment (μm) (Koshiek e.a., 1987).

4.3 Mogelijke indeling productiegebieden

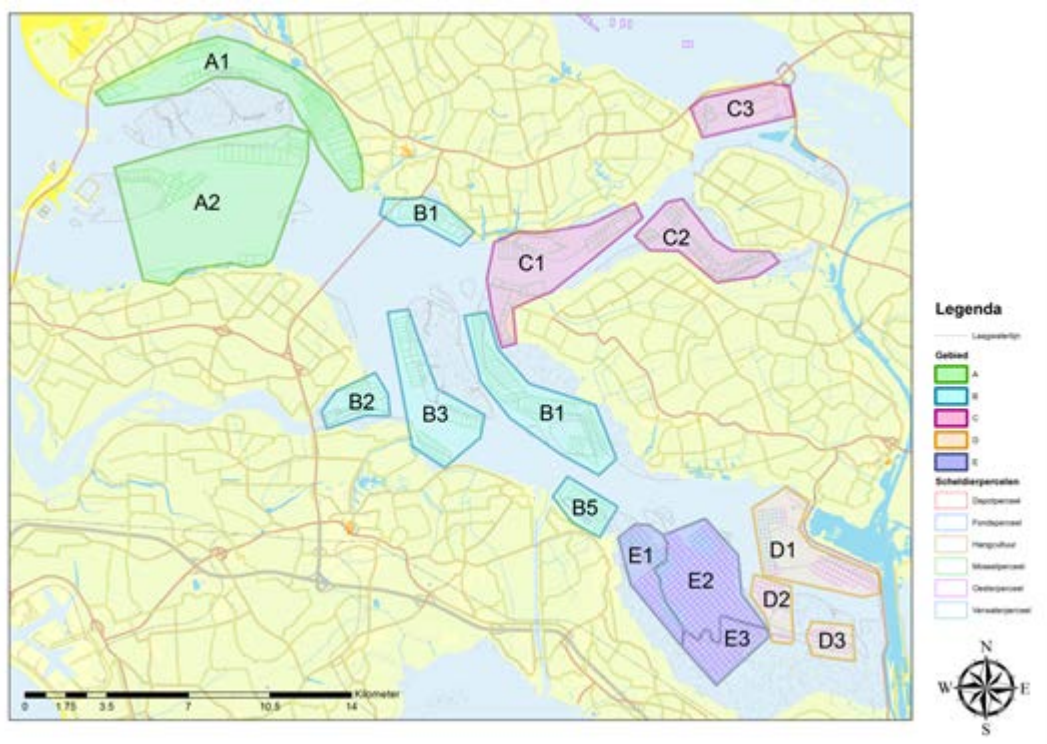
Op basis van bovenstaande gegevens kan de volgende indeling in productiegebieden gemaakt worden (figuur 14), waarbij gebruik is gemaakt van de onderverdeling in paragraaf 4.2.

De Oosterschelde is opgesplitst in 5 grote deelgebieden, A t/m E. Deze sub-gebieden zijn verder beoordeeld op verschillen in fysieke en ecosysteem criteria. Hierbij dient herhaald te worden dat de indeling niet gebaseerd is op een enkel criterium. In de meeste gevallen zijn er een of meer criteria die de opsplitsing rechtvaardigen (of noodzakelijk maken).

Deelgebied A staat onder invloed van de eb- en vloedstroom, waarbij de hydrodynamiek in deelgebied A1 en A2 voldoende verschilt om onderscheid te maken. In deelgebied B staat de Zandkreek (B2) onder invloed van de dynamiek rond de Katse Geul. Deelgebieden B3 en B4 worden van elkaar gescheiden door zandplaten, welke direct effect hebben op de hydrodynamiek. Gebied B1 en B5 zijn kleine separate gebieden, welke een andere dynamiek kennen dan de hoofdgebieden B3 en B4. In de Noordelijke tak is C2 droogvallend gebied. C3 is zeker stagneranter dan C1. Daarnaast vinden er verschillende schelpdierproductie mechanismen plaats, in C3 zijn dit mosselhangcultures en in C1 bodemkweek.

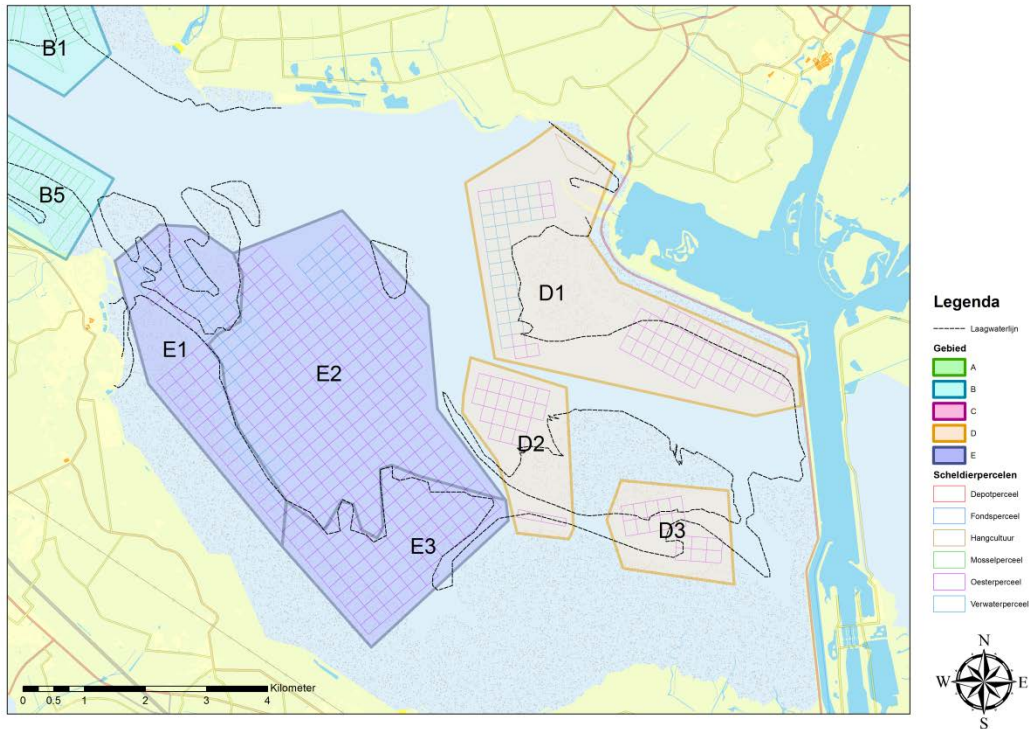
Het gebied in de Kom D en E zijn gesplitst op basis van hoofdstromen. D1, D2 en D3 zijn gesplitst vanwege de verschillen in o.a. droogvalduur. Het gebied E1, E2 en E3 zijn niet per schelpdiersoort opgesplitst, maar primair vanuit de diepteprofielen, stroming, verblijftijd van het water.

Er ontstaan hiermee 16 subgebieden in de Oosterschelde, welke allen meer of minder duidelijk verschillen kunnen vertonen die een relatie kunnen hebben met het voorkomen van TTX. Hiermee is niet gezegd dat de werkelijke risico's in het ene gebied groter zijn dan in het andere gebied. Hierover kunnen geen inschattingen over gedaan worden, zolang de bron en het gedrag van TTX nog niet duidelijk is.



Figuur 14. Overzicht van de TTX monitoringsgebieden in de Oosterschelde. De monitoringsgebieden zijn gegroepeerd in 5 deelgebieden. A: Westelijk deel, B: Midden, C: Noordelijke tak, D: Hoge kraaijer en E: Yerseke bank. In de figuur zijn tevens de schelpdierpercelen weergegeven.

De Yerseke bank verwaterplaatsen (E1) liggen specifiek in een gebied dat onder invloed staat van de dynamiek rond de laagwaterlijn. De gekozen aanpak maakt het slechts mogelijk om arbitrair een indeling van de verwaterpercelen te maken. Dit zijn keuzes die op basis van managementbesluiten (expert judgement en discussie) gemaakt dienen te worden, wat buiten de scope dit rapport valt.



Figuur 15. Detail van de TTX monitoringsgebieden in de kom van de Oosterschelde. De stippellijn geeft de ligging van de laagwaterlijn

4.4 Kosten monitoring

De kosten voor het uitvoeren van een monitoringprogramma op basis van 19 subgebieden zijn in beeld gebracht. Hierdoor wordt een indicatie gekregen van de kosten voor de controle op TTX in schelpdierproductiegebieden in Nederland. Hierbij wordt uitgegaan van een separaat traject van het lopende programma. Dit doordat bijvoorbeeld de kostenverdeling, risicodragers en uitvoerende partij niet specifiek gemaakt zijn voor dit onderdeel. Daarnaast is niet getoetst wat de inpasbaarheid is wat betreft, monsteranalyse, vaarcapaciteit en dergelijk.

Het huidige sanitaire monitoringprogramma bestaat uit 6 monsterlocaties (4 productiegebieden) in de Oosterschelde. Om de spreiding in kosten van eventuele gezamenlijke monitoring enigszins inzichtelijk te maken is een grove schatting gemaakt van de kosten die voortvloeien uit geïntegreerde uitvoering van de monitoring. Deze kosten zijn allen indicatief en berusten op grove schatting. Daarnaast zijn de kosten berekend op basis van een wekelijkse monitoring en gedurende een periode van twee maanden. De wekelijkse kosten voor monitoring van de Oosterschelde bedragen 9 – 13 keuro. Dit is een bedrag van 70-103 keuro over een periode van 8 weken (tabel 4).

Verwachte kosten voor het herzien van regelgeving, afstemmen monitoring programma's en overige management kosten zijn benoemd zonder deze monetair te maken.

Tabel 4. Indicatieve schatting van de kosten van monitoring op TTX in de Oosterschelde, weergegeven in Euros. Er is verschil gemaakt in een separaat programma, los van bestaande sanitaire monitoring programma in Nederland. De aanduiding aanvullen betreft een mogelijke combinatie met bestaande monitoring programma's.

		Separaat	Separaat	Aanvullend	Aanvullend
		Per week	Periode 2 maanden	Per week	Per 2 maanden
Directe kosten	Monsternamen*, **	6.000	48.000	3000	24000
	Transport	300	2.400	300	2400
	Toxine analyse*	6.175	49.400	5200	41600
	Coördinatie	400	3.200	400	3200
2	Totaal (euro)	12.875	103.000	8900	71200
Indirecte kosten	Herzien regelgeving	Eenmalig			
	Bespreken programma	Werkgroepen			
	Inregelen monitoring programma	Eenmalig			
	Toepassingskosten Management	Continue			
	Indirecte management	Continue			

*Uitgaande van scheepskosten van 3000 euro per dag. *Monster analyses a 3250 euro per 10 analyses.

** In het huidige monitoring programma zijn 6 monsternamen voorzien. Het voorgestelde programma betreffen er 19 (excl. indeling op soortniveau).

4.5 Quick Scan beoordeling sociaaleconomische effecten van maatregelen

Deze quickscan is als volgt gestructureerd. In deel 1 wordt aangegeven hoe de Yerseke bank door de mossel- en oestersector gebruikt wordt. In deel 2 wordt benoemd wat de potentiële effecten kunnen zijn van de sluiting van de Yerseke bank op basis van de sociaal-economische waarde die de Yerseke bank voor de mossel- en oestersector vertegenwoordigt. Vervolgens wordt in deel 3 de sociaal-economische waarde van de mossel- en oestersector aangegeven, zowel landelijk als van de Yerseke bank.

Deel 1 – Gebruik van de Yerseke bank door de mossel- en oestersector

De Yerseke bank (figuur 14 en 15) bestaat uit verwaterpercelen voor mosselen en oesterproductiepercelen en heeft een oppervlakte van ca. 1300 hectare. Er zijn 68 verwaterpercelen toegewezen op de Yerseke bank met een oppervlakte van ca. 300 hectare. Een verwaterperceel heeft twee functies. De eerste functie is het natte pakhuis en de tweede functie is het reduceren van zand in de mossel. De overige 340 percelen van de Yerseke bank zijn voor oesterproductie met een oppervlakte van ca. 1000 hectare. In tabel 1 zijn de kenmerken van de Yerseke bank samengevat (Ministerie van VWS 2014a; Ministerie van VWS 2014b; CBS 2015; Oosterschelde Museum 2013).

Tabel 5. Kenmerken van de Yerseke bank

Type	Mosselsector	Oestersector
1 Locatie	Verwaterpercelen van de Yerseke bank in E2 (figuur 15)	Productiepercelen van de Yerseke bank in E1, E2 en E3 (figuur 15)
2 Functies	Verwateringspercelen	Productiepercelen
3 Oppervlakte (ha)	± 300	± 1000
4 Aantal percelen	68	340
5 % van totale oppervlakte Oosterschelde	± 14% (t.o.v. oppervlakte in gebruik voor mosselcultuur)	± 67% (t.o.v. oppervlakte in gebruik door oestercultuur)
6 % van totale oppervlakte Nederland	± 5% (t.o.v. oppervlakte in gebruik voor mosselcultuur)	± 67% (t.o.v. oppervlakte in gebruik door oestercultuur)

Deel 2 - Potentiële sociaal-economische effecten van sluiting

In dit tweede deel van de quickscan wordt gekeken naar twee scenario's: ten eerste de mogelijke effecten bij eenmalige constatering van TTX op de Yerseke bank en ten tweede bij langdurige constatering van TTX op de Yerseke bank tijdens het hoogseizoen (juli-augustus). De effectanalyse is gedaan op een kwalitatieve wijze en op basis van expert judgement. De resultaten staan in tabel 6. Wegens de beperkte inventarisatietijd voor deze studie zijn de potentiële gevolgen niet monetair gemaakt.

Tabel 6. Inventarisatie van sociaal-economische effecten per scenario. ✓ betekent dat het een waarschijnlijkheid gevolg betreft. Een mogelijk gevolg is mede afhankelijk van externe factoren (zoals communicatie).

	Eenmalige constatering lokaal	Langdurige constatering YB
Imago schade korte termijn	✓	✓
Imago schade lange termijn	Mogelijk	✓
Druk op kwantiteit import	Mogelijk	
Andere productie kanalen, zoals bv directe van percelen naar het verwerkingsproces		✓
Klanten wijken uit naar andere landen	Mogelijk	✓
Contracten met retail niet nageleefd	✓	✓
Druk op inkooprijzen import	Mogelijk	✓
Lokale oorzaak waardoor mogelijk beperking op proceswater aan de orde is		✓
Transport kosten import omhoog		✓
Recall kosten	✓	
Signaal gebrek aan gelijk speelveld in de EU (intra Europees vertrouwen), waarbij afnemers en producenten in de EU verschillende normen moeten voldoen, die niet voldoende zijn afgestemd.	✓	✓
Verplaatsingen binnen Oosterschelde noodzakelijk (product veilig stellen)	✓	✓*
Lokale transport kosten omhoog	✓	✓
Gebruik verwateringscontainers	Mogelijk	✓
Extra kosten aanvullende metingen	✓	✓
Quarantaine kosten	✓	✓
Werkloosheid effect productie en handel	Beperkt	Aanzienlijk
Werkloosheid effect transport sector	Beperkt	Aanzienlijk
Mogelijk beperking in geschikte locaties	Beperkt	Aanzienlijk

Deel 3 - De sociaal- economische waarde van de Yerseke bank

In dit derde deel van de analyse wordt de sociaal-economische waarde van de mossel- en oestersector in kaart gebracht. Eerst worden de kerncijfers van beide sectoren op nationaal niveau weergegeven. Vervolgens wordt op regionaal niveau de waarde van de Yerseke bank geschat voor de mossel- en oestersector. Op die manier kan ook duiding worden gegeven aan het belang van de Yerseke bank in nationaal perspectief.

Tabel 8. Gegevens mosselsector op jaarbasis

Indicator	Mosselsector	Toelichting	Bron
1	± 54 miljoen kg	in 2015	Turenhout 2015
2	± € 57 miljoen	in 2015	Turenhout 2015
3	168 fte	Werkzaam in productiebedrijven in 2013	Rijksoverheid 2014
4	252 fte ¹	Werkzaam in handelsbedrijven in 2013	Beukers 2015
5	88 productiebedrijven	Ingeschreven vergunninghouders	NVWA 2013
6	7 handelsbedrijven	Leden van de Vereniging van Mosselhandelaars	Visfederatie 2016

Tabel 9. Gegevens oestersector op jaarbasis

Indicator	Oestersector	Toelichting	Bron
1	± 20 miljoen stuks	Creuses in 2015	Strietman et al. 2015
2	± € 3 miljoen	in 2015 bij € 0,15 per stuk	Strietman et al. 2015
3	± 40 fte	Werkzaam in productiebedrijven in 2015	Strietman et al. 2015
4	± 60 fte	Werkzaam in handelsbedrijven in 2015	Strietman et al. 2015
5	11 productiebedrijven	waarvan 6 tevens in de handel zitten	Strietman et al. 2015
6	25 handelsbedrijven	waarvan 6 tevens kweker zijn	Strietman et al. 2015

¹ Dit getal is gebaseerd op (Beukers, 2015). Daarin wordt een totale werkgelegenheid van 520 fte voor de mossel- en oester sector genoemd in 2013. De 168 fte van de mosselproductie en 100 fte van de oestersector zijn op dit getal in mindering gebracht. De totale directe en indirecte werkgelegenheid in de gehele Nederlands mosselketen wordt geschat op 1500-2000 arbeidsplaatsen (Risseeuw, 2016).

Waarde van de Yerseke bank voor de mosselsector

Voor het vaststellen van de waarde van de Yerseke bank voor de mosselsector is gebruik gemaakt van veilingdata (volume en prijs) in het seizoen 2015/2016.

In de eerste twee weken van het seizoen (begin juli t/m half juli) bouwen handelsbedrijven hun voorraden op voor levering aan de retail (Seip-Markensteijn, 2016). Bij constatering van TTX van begin t/m half juli wordt aangenomen dat 100% van de mosselen via de mosselveiling naar de verwateringspercelen op de Yerseke bank gaan en dat deze partij niet toegankelijk is om op te vissen. Voor de weken van half juli t/m eind augustus wordt aangenomen dat 20% tot 40% van de mosselen via de mosselveiling naar de verwateringspercelen gaan (Seip-Markensteijn, 2016). Van deze partij is het onzeker wat er wat er mee gebeurt. Voor alle drie de situaties is het gemiddelde van de weerprijs per mosselton gehanteerd in de periode juli en augustus van het seizoen 2015/2016. Voor de schatting van de werkgelegenheid is gebruik gemaakt van de ratio tussen de opbrengst in de verschillende situaties ten opzichte van de totale opbrengst voor de gehele sector in 2015 (zie tabel 8). In tabel 10 wordt de sociaal-economische waarde aangegeven in deze verschillende situaties.

Tabel 10. Geschatte socio-economische waarde van mosselen op de Yerseke bank in juli en augustus (bron: Mosselveiling 2015)²

	Volume (mosselton)	Prijs (euro/ mosselton)	Opbrengst (euro)	Werkgelegenheid (fte)	
				Productie	Handel
Begin juli t/m half juli 100% aanvoer	29.573	168,19	4.973.735	15	22
Half juli t/m eind augustus 20% aanvoer	26.977	126,91	3.423.690	10	15
Half juli t/m eind augustus 40% aanvoer	53.953	126,91	6.847.252	20	30

Waarde van de Yerseke bank voor de oestersector

Op basis van nationale gegevens over de oestersector uit tabel 9 is het mogelijk om een vertaalslag te maken naar een indicatie van de sociaal-economische waarde voor de oestersector van de Yerseke bank. Dit is gedaan door de ratio te berekenen tussen het oppervlakte van de oesterpercelen op de Yerseke bank ten opzichte van het totale oppervlakte van oesterpercelen in de Oosterschelde. Deze ratio is vervolgens toegepast op de totale jaarlijkse opbrengst en de werkgelegenheid in de oestersector. Een belangrijke aanname hierbij is dat de productiekarakteristieken en prijsverdeling tussen oesterpercelen gelijk is verdeeld in de Oosterschelde in ruimte en tijd. De berekeningen staan in bijlage 1. De resultaten hiervan zijn als volgt:

- De gemiddelde jaarlijkse waarde voor de oestersector wordt geschat op ca. € 2 miljoen;
- De gezamenlijke gemiddelde jaarlijkse werkgelegenheid die gerelateerd is aan de oestersector op de Yerseke bank wordt ingeschat ca. 27 fte voor de productiebedrijven en ca. 40 fte voor de handelsbedrijven.

² Om het aantal fte te berekenen is de ratio van de opbrengst in de specifieke periode berekend, ten opzichte van de opbrengst in het totale seizoen. Deze ratio is toegepast op het aantal fte zoals weergegeven in tabel 8.

5 Conclusies en aanbevelingen

Dit rapport betreft een Quick Scan, waarbij concessies over de data beschikbaarheid en diepte van het onderzoek zijn gedaan. In voorkomende gevallen betekent dit dat er selecties gemaakt zijn van de benutte informatie. Waar nodig is aangegeven welke aannames zijn gedaan in de analyse, waar nodig is expert judgment ingebracht.

De oorzaak van het voorkomen van TTX in de Oosterschelde is niet bekend. Mogelijke oorzaken zijn te vinden in *Vibrio* en andere bacteriën. Dit mogelijk in symbiose met andere vectoren. Ophoping kan plaatsvinden via verschillende routes, namelijk sediment, water, of via organismen. Van de bekende TTX vectoren uit de literatuur komt alleen de snoerworm *Cephalothrix simula* in de Oosterschelde voor. De exemplaren van *Cephalothrix simula* zijn op de bodem aangetroffen in dichte populaties van schelpkokerwormen en spinragwormen, die mogelijk als voedsel voor deze soort dienen (natuurbericht.nl). Daarnaast komt een *Gibbula* soort (de Asgrauwe tolhoren *Gibbula cineraria*) voor in de Oosterschelde. Het is minder waarschijnlijk dat er een direct verband is tussen deze soorten en TTX in schelpdieren, waar een indirecte route (via sediment) niet is uitgesloten.

Het kan niet worden uitgesloten dat er ook andere vectoren in de Oosterschelde aanwezig zijn die voor TTX accumulatie in schelpdieren kunnen zorgen.

Het huidige monitoring programma houdt onvoldoende rekening met management van risico's verbonden aan een onbekende bron. De gegevens over de mogelijke bronnen van TTX in schelpdieren en de karakteristieken hiervan geven de volgende criteria (mede op basis van beschikbaarheid van fysische informatie) om een gebiedsindeling te rechtvaardigen:

- Temperatuur (mede een functie van o.a. diepte)
- Saliniteit
- Troebelheid
- Verblijftijd water
- Stroming / stroomsnelheid
- Bodemsoort
- Gast organisme (soort schelpdier i.v.m. accumulatie en depuratie tijd)

Op basis van verschillen in de fysische gegevens in de deelgebieden betekent dit dat de Oosterschelde opgesplitst kan worden in 16 deelgebieden die allen in meer of minder mate van elkaar te onderscheiden zijn. Een eerste indeling kan gemaakt worden op soortsniveau, waarbij de verwaterpercelen en de Oesterproductie percelen in E1, E2 en D1 van elkaar gescheiden worden (waardoor 19 verschillende gebieden ontstaan). De gebieden voorzien allen in mogelijk verschil in toxineproductie, accumulatie en risico op aanwezigheid van TTX. De verschillen zijn niet kwantificeerbaar, echter vanuit een risicomanagement perspectief zijn de gebieden te benutten voor verbetering van de trefkans, rekening houdend met spreiding. Verdere opsplitsing (m.u.v. E1) lijkt niet zinvol vanuit de trefkans voor toxinen en mogelijke management maatregelen.

Samenvoegen van sub gebieden kan ertoe leiden dat risico's minder accuraat gesignaleerd worden. De Yerseke bank kan in drie delen worden opgesplitst. De Yerseke bank verwaterpercelen zijn alleen arbitrair in te delen. Deze studie heeft hier niet in voorzien, maar bevat informatie om een opdeling te rechtvaardigen.

Het is zeer waarschijnlijk dat er verschillen in accumulatie per schelpdiersoort zijn, waardoor het mogelijk lijkt om soort specifieke monitoring en management toe te passen. Er kan geen indicator organisme (hoogste trefkans) worden aangewezen bij gebrek aan informatie over accumulatie van TTX.

Over het voorkomen van TTX in Nederland is onvoldoende bekend om een inschatting te doen over de kans dat TTX ook in de vervolgjaren, of in het verleden aanwezig is/was.

De kosten voor monitoring van productiegebieden die rekening houdt met de mogelijke verschillen in TTX voorkomen in schelpdieren is berekend voor een wekelijkse meting en monitoring gedurende twee maanden. De wekelijkse kosten voor monitoring van de Oosterschelde bedragen 9 – 13 keuro. Dit is een bedrag van 70-103 keuro over een periode van 8 weken. Het is niet uitgesloten dat ook buiten het zomerseizoen monitoring noodzakelijk is. Het is aan te bevelen TTX standaard in het monitoring programma op te nemen om meer data te verzamelen.

Voor de mosselsector wordt de sociaal-economische waarde van de Yerseke bank in de eerste twee weken van juli geschat op € 5 miljoen met een geschatte werkgelegenheid van 37 fte. Van half juli tot en met eind augustus wordt de waarde geschat op € 3,4 tot € 6,8 miljoen met een geschatte werkgelegenheid van 30 tot 45 fte. Voor de oestersector wordt de sociaal-economische waarde geschat op € 2 miljoen op jaarbasis en een werkgelegenheid van ca 67 fte.

De economische impact van aantreffen van TTX blijkt lastig betrouwbaar in de schatten in een dergelijke korte studie. De aannames die gedaan moeten worden zijn zeer divers (verschillende scenario's) en de onderliggende data is onvoldoende. In het rapport wordt een overzicht gegeven van de mogelijke sociaal-economische effecten.

Op basis van de analyse kan een managementsysteem worden ingericht dat rekening houdt met de mogelijke bronnen van TTX. Dit systeem kan gebruikt worden om duidelijke inzichten te verkrijgen in het voorkomen van TTX in schelpdieren in de Oosterschelde. Daarnaast is het mogelijk om de gebiedsindeling (of delen ervan) te benutten voor een goede beheersing van de mogelijke voedselveiligheid of economische risico's die het TTX dossier kent.

Aanbevelingen

De volgende aanbevelingen worden gedaan:

- Bredere onderbouwing van de TTX-norm en onderzoeken of wegnemen van onzekerheden/onbekendheden in de risicobeoordeling
- Uitvoeren van een monitoringprogramma dat de voedselveiligheid borgt en economische risico's zoveel mogelijk wegneemt.
- Analyseren beschikbare monsters uit het verleden om eerdere aanwezigheid van TTX vast te stellen.
- Brononderzoek om de precieze oorzaak van TTX te onderzoeken
- Monitoringgegevens zijn nodig richting de toekomst om inzicht te krijgen in het voorkomen van TTX. TTX kan worden opgenomen in lopende monitoring programma's om duidelijkheid
- TTX is een voorbeeld van potentiële risico's, die in de toekomst mogelijk vaker voorkomen. Het management van de gebieden zal rekening moeten houden met mogelijke toekomstige uitdagingen. De Yerseke bank is een zeer gevoelig systeem voor situaties waarbij toxinen in het gebied zelf ontstaan.
- Bij de inrichting van een monitoringprogramma dient rekening te worden gehouden met:
 - Monstername keuze, zoals mengmonsters (pooled), puntsbemonstering
 - Variatie in schelpdierbestand (individuele schelpdieren en variatie in gebied/perceel)
 - Monstername methode (handrapen of korren i.v.m. mogelijke bron sediment)

6 Kwaliteitsborging

IMARES beschikt over een ISO 9001:2008 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem (certificaatnummer: 187378-2015-AQ-NLD-RvA). Dit certificaat is geldig tot 15 september 2018. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV Certification B.V. Indien sprake is van onbeheerste kwaliteit worden passende maatregelen genomen.

Literatuur

- Asakawa, M.; Toyoshima, T.; Shida, Y.; Noguchi, T.; Miyazawa, K. Paralytic toxins in a ribbon worm *Cephalothrix* species (Nemertean) adherent to cultured oysters in Hiroshima Bay, Hiroshima Prefecture, Japan. *Toxicon* 2000, 38, 763–773.
- Bane, V.; Lehane, M.; Dikshit, M.; O’Riordan, A.; Furey, A. Tetrodotoxin: Chemistry, toxicity, source, distribution and detection. *Toxins (Basel)* 2014, 6, 693–755.
- Blackwell, K.D. en Oliver, J.D. (2008) The ecology of *Vibrio vulnificus*, *Vibrio cholerae*, and *Vibrio parahaemolyticus* in North Carolina estuaries. *The Journal of Microbiology*, April 2008, p. 146-153. Vol. 46, No. 2
- Beukers, R. (2015). De Nederlandse visverwerkende industrie en visgroothandel; Economische analyse van de sector, ontwikkelingen en trends. Wageningen, LEI Wageningen UR (University & Research centre), LEI Report 2014-026. 84 blz.; 20 fig.; 44 tab.; 7 ref.
- CBS (2015). Zee- en kustvisserij; vloot, visvangst en productie aquacultuur.
<http://statline.cbs.nl/StatWeb/publication/?VW=T&DM=SLNL&PA=7203VLOO&LA=NL>
Geraadpleegd op 24 mei 2016
- Croci, L; Cozzi, L; Suffredini, E; et al. 2006 Characterization of microalgae and associated bacteria collected from shellfish harvesting areas *HARMFUL ALGAE* Volume: 5 Issue: 3 Pages: 266-274.
- Esteves K, Hervio-Heath D, Mosser T, Rodier C, Tournoud M-G, Jumas-Bilak E, Colwell RR, Monfort P. (2015). Rapid proliferation of *Vibrio parahaemolyticus*, *Vibrio vulnificus*, and *Vibrio cholerae* during freshwater flash floods in French Mediterranean coastal lagoons. *Appl Environ Microbiol* 81: 7600 – 7609
- Kimberly J. Griffith, K.J. en Grimes, G.J. (2013) Abundance and Distribution of *Vibrio cholerae*, *V. parahaemolyticus*, and *V. vulnificus* Following a Major Freshwater Intrusion into the Mississippi Sound. *Microb Ecol* (2013) 65:578–583
- Kajihara, Hiroshi; Sun, Shi-Chun; Chernyshev, Alexei V.; et al. 2013 Taxonomic Identity of a Tetrodotoxin-Accumulating Ribbon-worm *Cephalothrix simula* (Nemertea: Palaeonemertea): A Species Artificially Introduced from the Pacific to Europe By: *ZOOLOGICAL SCIENCE* Volume: 30 Issue: 11 Pages: 985-997
- Kajihara, Hiroshi; Sun, Shi-Chun; Chernyshev, Alexei V.; et al. 2013 Taxonomic Identity of a Tetrodotoxin-Accumulating Ribbon-worm *Cephalothrix simula* (Nemertea: Palaeonemertea): A Species Artificially Introduced from the Pacific to Europe By: *ZOOLOGICAL SCIENCE* Volume: 30 Issue: 11 Pages: 985-997.
- Koshiek, L. H. M., J. P. M. Mulder, T. Louters en F. Berben (1987) De Oosterschelde. Naar een nieuw onderwaterlandschap. Eindrapport project Geomor. RWS Dienst Getijdewateren, Rapport, 48 pagina's.
- Lago J, Laura P. Rodríguez, Lucía Blanco, Juan Manuel Vieites and Ana G. Cabado *2015 Tetrodotoxin, an Extremely Potent Marine Neurotoxin: Distribution, Toxicity, Origin and Therapeutical Uses *Mar. Drugs*, 13, 6384-6406; doi:10.3390/md13106384
- Lindegarh, S., Torgersen, T., Lundve, B., & Sandvik, M. (2009). Differential Retention of Okadaic Acid (OA) Group Toxins and Pectenotoxins (PTX) in the Blue Mussel, *Mytilus edulis* (L.), and European Flat Oyster, *Ostrea edulis* (L.). *Journal of Shellfish Research* Vol. 28 (2) p. 313-323
- Mafra Jr. L. L., Bricelj V. M., Fennel, K., 2010. Domoic acid uptake and elimination kinetics in oysters and mussels in relation to body size and anatomical distribution of toxin. *Aquatic Toxicology* Vol. 100, p. 17–29
- Mafra Jr., L.L., Bricelj, V.M., Ouellette, C., Léger, C., Bates, S.S., 2009a. Mechanisms contributing to low domoic acid uptake by oysters feeding on *Pseudo-nitzschia* cells. I. Filtration and pseudofeces production. *Aquatic Biology* Vol. 6 p.201–212
- Mafra Jr., L.L., Bricelj, V.M., Ward, J.E., 2009b. Mechanisms contributing to low domoic acid uptake by oysters feeding on *Pseudo-nitzschia* cells. II. Selective rejection. *Aquatic Biology* Vol.6 p. 213–226
- Ministerie van VWS (2014a). Regeling van de Inspecteur-generaal van de Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit namens de Minister van Volksgezondheid, Welzijn en Sport van 13

-
- februari 2014, NVWA/14/1430/AtC, houdende vaststelling van de beleidsregels bemonsteringsplannen sanitaire monitoring.
- Ministerie van VWS (2014b). Regeling van de Minister van Volksgezondheid, Welzijn en Sport van 19 februari 2014, kenmerk 189445-116147-WJZ, houdende vaststelling van een regeling met betrekking tot de productieggebieden voor levende tweekleppige weekdieren (Warenwetregeling levende tweekleppige weekdieren).
- Narita, H; Nara, M; Baba, K; et al. 1984 Effect of feeding a trumpet shell, *Charonia saulia* with toxic starfish. Journal of the Food and Hygienic Society of Japan 25: 251-255
- Narita, H; Miwa, N; Akahane, S; et al. 1989 Tetrodotoxin productivity of bacteria isolated from trumpet shell, *Charonia saulia*, intestine. Journal of the Food and Hygienic Society of Japan 30: 518-521.
- Nolte, A. J. en I. De Vries (2012) Overzicht van kennisbijdrage Deltares in de Green Deal Oosterschelde. Ecosysteemkennis, nutriëntenstromen, primaire productie en draagkracht. Deltares, Rapport nummer: 1206232-000-ZKS-0008, 33 pagina's.
- Noguchi, T.; Narita, H.; Maruyama, J.; Hashimoto, K. (1982) Tetrodotoxin in the starfish *Astropecten polyacanthus*, in association with toxification of a trumpet shell "Boshubora" *Charonia sauliae*. Nippon Suisan Gakkaishi 48, 1173–1177.
- Noguchi T, and Arakawa O. (2008) Tetrodotoxin – Distribution and Accumulation in Aquatic Organisms, and Cases of Human Intoxication. Mar. Drugs 2008, 6, 220-242; DOI: 10.3390/md20080011.
- Noguchi T, Onuki K, Arakawa O. (2011) Tetrodotoxin poisoning due to pufferfish and gastropods, and their intoxication mechanism. ISRN Toxicology. 1-10. <http://dx.doi.org/10.5402/2011/276939>
- NVWA (2013). Mosselkwekerijen met vergunning. https://www.nvwa.nl/txmpub/files/?p_file_id=2204112
Geraadpleegd op 24 mei 2016.
- NVWA (2016) Advies over Tetrodotoxines (TTX) in mosselen en oesters. NVWA/BURO/2016/79.
- Oosterschelde Museum (2013). Mosselcultuur. http://www.oosterscheldemuseum.nl/Pages/OMY_Mosselcultuur.html
Geraadpleegd op 20 mei 2016
- Rijksoverheid (2014). Nationaal Strategisch Plan Aquacultuur. <https://www.rijksoverheid.nl/binaries/rijksoverheid/documenten/kamerstukken/2015/03/18/nationaal-strategisch-plan-aquacultuur-nsipa/nationaal-strategisch-plan-aquacultuur.pdf>
Geraadpleegd op 24 mei 2016
- Risseeuw, A. (2016). Persoonlijke communicatie, 27 mei 2016.
- Rodriguez, P.; Alfonso, A.; Vale, C.; Alfonso, C.; Vale, P.; Tellez, A.; Botana, L.M. 2008, First toxicity report of tetrodotoxin and 5,6,11-trideoxyTTX in the trumpet shell *Charonia lampas lampas* in Europe. Anal. Chem. 80, 5622–5629.
- Seip-Markensteijn (2016). Persoonlijke communicatie, 27 mei 2016.
- Silva M, J Azevedo, P Rodriguez, A Alfonso, LM. Botana, and V Vasconcelos 2012 New Gastropod Vectors and Tetrodotoxin Potential Expansion in Temperate Waters of the Atlantic Ocean. Mar Drugs. 10(4): 712–726.
- Strietman, W.J., Smaal, A.C., Bolman, B.C. (2015). Economische situatie oestersector. LEI Wageningen UR (Factsheet / LEI Wageningen UR 2015-163) - 2 p.
- Turenhout, M.N.J. (2015). Visserij in cijfers 2015. <http://www.agrimatie.nl/SectorDashboard.aspx?subpubID=2232§orID=2860>
Geraadpleegd op 24 mei 2016.
- Turner AD, Powell A, Schofield A, Lees DN, Baker-Austin C. Detection of the pufferfish toxin tetrodotoxin in European bivalves, England, 2013 to 2014. Euro Surveill. 2015;20(2).
- Van Eck, G. T. M., A. M. B. M. Holland en J. A. Van Pagee (2001) Risicobeoordeling Munitiestort Oosterschelde. RIKZ, Rapport nummer: RIKZ/2001.022, 39 pagina's.
- Vlamiš A., Katikou P., Rodriguez I., Rey V., Alfonso A., Papazachariou, A. Zacharaki T., Botana A.M., en Botana L.M. (2015) First Detection of Tetrodotoxin in Greek Shellfish by UPLC-MS/MS Potentially Linked to the Presence of the Dinoflagellate *Prorocentrum minimum* Toxins, 7, 1779-1807

Visfederatie (2015). Vereniging van Mosselhandelaren.

<http://www.visfederatie.nl/vereniging-van-mosselhandelaren-de-mosselhandel/>

Geraadpleegd op 24 mei 2016

Wood, S.A.; Taylor, D.I.; McNabb, P.; Walker, J.; Adamson, J.; Craig, C.S. Tetrodotoxin concentrations in *Pleurobranchaea maculata*: Temporal, spatial and individual variability from New Zealand populations. *Mar. Drugs* 2012, 10, 163–176.

Verantwoording

Rapport C064/16

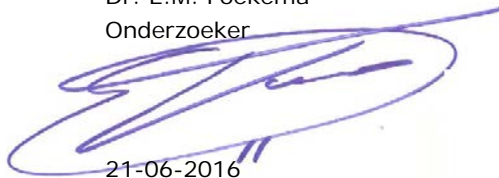
Projectnummer: 4313100045

Dit rapport is met grote zorgvuldigheid tot stand gekomen. De wetenschappelijke kwaliteit is intern getoetst door een collega-onderzoeker en het verantwoordelijk lid van het managementteam van IMARES.

Akkoord: Dr. E.M. Foekema
Onderzoeker

Handtekening:

Datum: 21-06-2016



Akkoord: Dr.ir. T.P. Bult
Instituutsmanger

Handtekening:

Datum: 21-06-2016



Bijlage 1 Berekeningen sociaal- economische waarde oestersector

Geschatte jaarlijkse sociaal-economische waarde van oesterproductiepercelen op de Yerseke bank

Oppervlakte oesterproductiepercelen Yerseke bank (ha)	1000
Totale oppervlakte oesterproductiepercelen in Nederland (ha)	1500
% totale oppervlakte	66,67%
Opbrengst in Nederland (euro)	3 miljoen
Opbrengst oesterproductiepercelen Yerseke bank (euro)	3 miljoen * 66,67% = 2,00 miljoen
Werkgelegenheid productiebedrijven in Nederland (fte)	40
Werkgelegenheid handelsbedrijven in Nederland (fte)	60
Werkgelegenheid productiebedrijven Yerseke bank (fte)	40 * 66,67% = 26,67
Werkgelegenheid handelsbedrijven Yerseke bank (fte)	60 * 66,67% = 40,00

Bronnen: Strietman et al., 2015; CBS, 2015