



**RWS INFORMATIE**

**Waterkwaliteit munitiedepot Gat van Zierikzee, de Oosterschelde, de Westerschelde en de Noordzee (2021)**

Datum	6 mei 2022
Versie	
Status	DEFINITIEF

## Colofon

Uitgegeven door Auteurs	Rijkswaterstaat Water Verkeer en Leefomgeving
Datum	6 mei 2022
Versie	DEFINITIEF
Status	

## Samenvatting

In de Oosterschelde, nabij Zierikzee, ligt een munitiedepot met overtollige munitie uit de Tweede Wereldoorlog. Onder invloed van het zoute water corrodeert deze munitie en komen springstof en afbraakproducten langzaam vrij in het water. Iedere vijf jaar monitort Rijkswaterstaat de waterkwaliteit rondom het munitiedepot. Tijdens de meetcampagne van 2019/2020 zijn lage concentraties TNT en afbraakproducten rondom het munitiedepot aangetroffen, maar ook bij de referentielocatie Wissenkerke. Deze meetlocatie ligt zo'n 10 kilometer verderop en de inschatting is dat concentraties TNT en afbraakproducten al zodanig verdund moeten zijn, dat ze niet meer detecteerbaar zullen zijn. Daarnaast waren er aanwijzingen dat Rijkswaterstaat de watermonsters op een zodanige wijze verwerkte, dat afbraak van TNT niet uitgesloten kan worden in de periode van het nemen van de watermonsters tot de daadwerkelijke analyse. Hierdoor zouden de meetresultaten een onderschatting van de werkelijke concentraties kunnen zijn.

In de 2021 is de meetcampagne voortgezet en zijn de watermonsters aangezuurd direct na monsternamen. Op deze manier kan de afbraak van springstof en afbraakproducten worden tegen gegaan. De analyse van de aangezuurde watermonsters laat vergelijkbare concentraties TNT zien als tijdens de meetcampagne 2019/2020, waarbij monsters niet werden aangezuurd. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de afbraak van TNT in 2019/2020 minimaal was en er geen onderschatting van de daadwerkelijke concentratie springstof en afbraakproducten heeft plaatsgevonden.

Om te onderzoeken of de concentratie TNT op de meetlocatie bij Wissenkerke verklaard kan worden door aanvoer vanaf de Noordzee, zijn op extra locaties in de Noordzee monsters genomen en geanalyseerd op de aanwezigheid van TNT en afbraakproducten. De analyseresultaten laten zien dat ook in de Westerschelde en de Noordzee lage concentraties TNT worden aangetroffen. In de Noordzee – met name voor de Vlaamse kust - bevinden zich verschillende locaties waar veel munitie ligt en waarbij TNT kan vrijkomen na corrosie van de metalen omhulsels. Aangezien de Westerschelde en de Oosterschelde in open verbinding staan met de Noordzee, kan de opgeloste TNT vanuit de Noordzee deze waterlichamen bereiken. De concentratie TNT in de Oosterschelde wordt beïnvloed door de Noordzee en het munitiedepot 'Gat van Zierikzee'.

De waterkwaliteit komt niet in het geding rondom het munitiedepot, de Oosterschelde, de Westerschelde en de Noordzee. De gemeten concentraties springstof en afbraakproducten liggen ten minste een factor 70 onder de normen die gelden voor oppervlaktewater. De normen houden rekening met humaan toxicologische effecten en ecologisch toxische effecten. Aangezien de norm niet wordt overschreden, komen de ecologische waterkwaliteit en de volksgezondheid niet in het geding komen als gevolg van de uit munitiedepots vrijgekomen springstoffen en afbraakproducten van springstoffen.

## Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding 5</b>
<b>2</b>	<b>Analysemethoden 7</b>
2.1	Monstername 7
2.2	Analyse van springstof en afbraakproducten 7
<b>3</b>	<b>Springstof en afbraakproducten 8</b>
3.1	Afbraak springstof en afbraakproducten 8
3.2	Waterkwaliteit 11
3.2.1	Oosterschelde en bovenstrooms 11
3.2.2	Westerschelde 11
3.2.3	Noordzee 12
3.2.4	Waterkwaliteit 13
<b>4</b>	<b>Conclusie 15</b>
<b>5</b>	<b>Referenties 16</b>

## 1 Inleiding

Na de Tweede Wereldoorlog is op een aantal plaatsen overtollige munitie in het oppervlaktewater gestort. Eén van deze locaties ligt in de Oosterschelde, nabij Zierikzee. Naar schatting is hier 30.000 ton munitie gestort (van Ham, 2001). Zoals verwacht corroderen de metalen omhulsels van de munitie onder invloed van het zeewater. In 2020 is een uniforme corrosie van 0,01 – 0,03 mm/jaar vastgesteld (den Otter, 2021). Dit is vergelijkbaar met eerder onderzoek uit 2001, waarbij een afname van 0,02 mm/jaar werd bepaald. Sommige stukken munitie zijn zodanig gecorrodeerd dat de springstof in direct contact met het water is.

De corroderende munitie kan van invloed zijn op de waterkwaliteit, omdat springstof, afbraakproducten van springstof en zware metalen in het water terecht kunnen komen. In 1999, 2001, 2003, 2014, 2019 en 2020 is de waterkwaliteit onderzocht, waarbij de concentraties van munitie gerelateerde stoffen zijn gemeten (van Eck, 2001, van Ham, 2002, van Ham, 2005, Berbee, 2015, den Otter, 2021, Hogendoorn 2021). Deze rapporten laten zien dat de waterkwaliteit niet negatief wordt beïnvloed door de vrijgekomen stoffen van het munitiedepot. In 2019 en 2020 werden springstof (TNT) en afbraakproducten van springstof voor het eerst gemeten boven de rapportagegrens, een waarde waarboven de concentratie gemeten kan worden. De gemeten concentraties zijn echter ruim onder het maximaal toelaatbaar risico, een waterkwaliteitsnorm waaronder de ecologische waterkwaliteit en de volksgezondheid niet in het geding komen (Hansler, 2006).

Tijdens de meetcampagne die door Rijkswaterstaat is uitgevoerd in 2019 en 2020 kon niet worden uitgesloten dat een deel van de springstof in de watermonsters tussen het moment van monsternamen en de daadwerkelijke analyse is afgebroken (Crockett, 1991 EPA 2017). Om uit te sluiten dat de concentraties springstof en de afbraakproducten van springstof in de Oosterschelde zijn onderschat, is in 2021 de meetcampagne voortgezet. Voorheen werden watermonsters bij 4 °C in het donker bewaard. Vanaf 2021 zijn de watermonsters direct aangezuurd, wat de afbraak van springstof stopt. Daarna zijn de aangezuurde watermonsters bewaard bij 4 °C in het donker tot de analyse.

In 2019 en 2020 is niet alleen springstof aangetroffen boven met munitiedepot nabij Zierikzee, maar ook bij meetlocatie Wissenkerke, wat zo'n 10 kilometer van Zierikzee ligt. Stromingsmodellen geven aan dat de concentratie springstof tussen Zierikzee en Wissenkerke al zodanig verdund moet zijn, dat de concentraties te laag zouden moeten zijn om te meten (Lievense, 2007). Mogelijk zijn er andere bronnen van springstof, zoals corroderende munitie in de Noordzee, die bijdragen aan TNT concentraties gemeten bij meetlocatie Wissenkerke. Om dit te onderzoeken zijn in de Oosterschelde extra meetlocaties bemonsterd op de aanwezigheid van springstof en afbraakproducten van springstof. Daarnaast is ook een aantal locaties in de Noordzee en de Westerschelde meegenomen om te onderzoeken op de aanwezigheid van springstof en afbraakproducten van springstof.



**Figuur 1:** Op de geel gearceerde meetlocaties zijn monsters genomen voor analyse op de aanwezigheid van springstof en afbraakproducten van springstof. Er is gekozen voor de bovenstroomse locaties Oesterdam (OESTDAM), Lodijkse gat (LODSGT) en Zijpe (ZIJPE). Daarnaast wordt in de Westerschelde de locatie Vlissingen (VLISSEBISSEV) meegenomen in de analyse. Het Antwerps Kanaalpand (ANTWKNRD2) wordt bemonsterd. Ten slotte worden springstoffen en afbraakproducten geanalyseerd in de Noordzee bij meetlocaties Walcheren 2 km uit de kust (WALCRN2), Schouwen 10 km uit de kust (SCHOUWN10) en Terschelling 10 km uit de kust (TERSLG10, niet weergegeven op bovenstaande kaart).

In dit rapport worden de volgende drie onderzoeksvragen beantwoord:

1. Zijn de eerder gemeten concentraties springstof en afbraakproducten een onderschatting van de daadwerkelijke concentraties in de Oosterschelde, doordat een deel van de stoffen in de watermonsters is afgebroken tussen het moment van monsternamen en de analyse?
2. Zijn springstof en zijn afbraakproducten verspreid over de Oosterschelde, de Westerschelde en de Noordzee, wat duidt op achtergrondconcentraties TNT, waarschijnlijk mede veroorzaakt door corroderende munitie in de Noordzee?
3. Vormen de gevonden concentraties springstof en zijn afbraakproducten een gevaar voor de volksgezondheid en de ecologische waterkwaliteit, rondom het munitiedepot, in de Oosterschelde en andere waterlichamen?

## 2 Analysemethoden

### 2.1 **Monstername**

In de Oosterschelde, nabij Zierikzee, ligt het munitiedepot 'Het Gat van Zierikzee'. Boven het munitiedepot ligt de meetlocatie (ZIERZDVL, 05080000; 40560000), vanwaar periodiek watermonsters worden genomen door Rijkswaterstaat. Daarnaast worden ook periodiek watermonsters genomen ter hoogte van Wissenkerke (WISSKKE, 03954000; 40273000). Deze locatie ligt circa 10 km benedenstrooms van het munitiedepot bij de Oosterscheldekering. Ondanks dat de Oosterschelde in directe verbinding met de Noordzee, waarbij zeewater de Oosterschelde in- en uitstroomt, is er een netto stroming van Zierikzee naar Wissenkerke.

Bovenstrooms het munitiedepot in de Oosterschelde zijn monsters genomen bij Oesterdam (OESTDAM, 07440000; 38785000), Lodijkse gat (LODSGT, 06783000; 39023000) en Zijpe (ZIJPE, 06570000; 40700000). In de Westerschelde zijn de meetpunten Antwerps Kanaalpand (ANTWKNP2, 7555000; 37825000) en Vlissingen (VLISSGBISSV, 02828000; 38190000) meegenomen voor de analyse op springstof en afbraakproducten. In de Noordzee zijn de meetlocaties Walcheren 2 km uit de kust (WALCRN2, 03243900; 51325600), Schouwen 10 km uit de kust (SCHOUWN10, 03294300; 51431200) en Terschelling 10 km uit de kust (TERS LG10, 05060300; 53274000) bemonsterd en geanalyseerd op de aanwezigheid van springstof en afbraakproducten van springstof.

Bij het munitiedepot wordt water omhoog gepompt om een watermonster te verzamelen voor de analyse van springstoffen en zware metalen. Hierbij wordt water van ongeveer 1 meter boven de bodem, halverwege de waterkolom en een meter onder het wateroppervlak omhooggehaald. Het water wordt overgebracht in glazen flessen, aangezuurd en bewaard bij 4 °C in het donker. Bij de overige meetlocaties wordt water verzameld op circa 1 meter onder het wateroppervlak; dit is de standaard werkwijze voor het nemen van watermonsters. De watermonsters worden op eenzelfde manier bewaard als de watermonsters verzameld boven het munitiedepot.

### 2.2 **Analyse van springstof en afbraakproducten**

Met behulp van vloeistof-vloeistofextractie worden springstoffen en afbraakproducten van springstof geëxtraheerd uit de watermonsters. Dit extract wordt geanalyseerd door middel van GC-MS/MS, een analytische techniek waarbij de individuele stoffen in een mengsel kunnen worden gekwantificeerd. Deze analyses worden in opdracht van RWS uitgevoerd door de onderzoeksgroep Ecosystems Physico-Chemistry van het Koninklijke Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen (KBIN).

### 3 Springstof en afbraakproducten

Onder invloed van het zoute zeewater corrodeert de munitie in het munitiedepot in de Oosterschelde nabij Zierikzee. Na de meetcampagne die is uitgevoerd in 2019 en 2020 bleek dat TNT mogelijk niet stabiel is na het nemen van het watermonster (Crockett, 1991; EPA 2017). Dat resulteert in mogelijke afbraak van TNT tijdens het nemen van het watermonster en de daadwerkelijke analyse. Dit zou kunnen leiden tot een onderschatting van de daadwerkelijke TNT concentratie in het water en een verkeerd spectrum aan gemeten afbraakproducten. Tijdens de meetcampagne van 2021 zijn de watermonsters aangezuurd, wat de afbraak van TNT stopt. De concentraties TNT en afbraakproducten zijn geanalyseerd en vergeleken met de concentraties die tijdens de meetcampagne in 2019 en 2020 zijn gevonden.

#### 3.1 Afbraak springstof en afbraakproducten

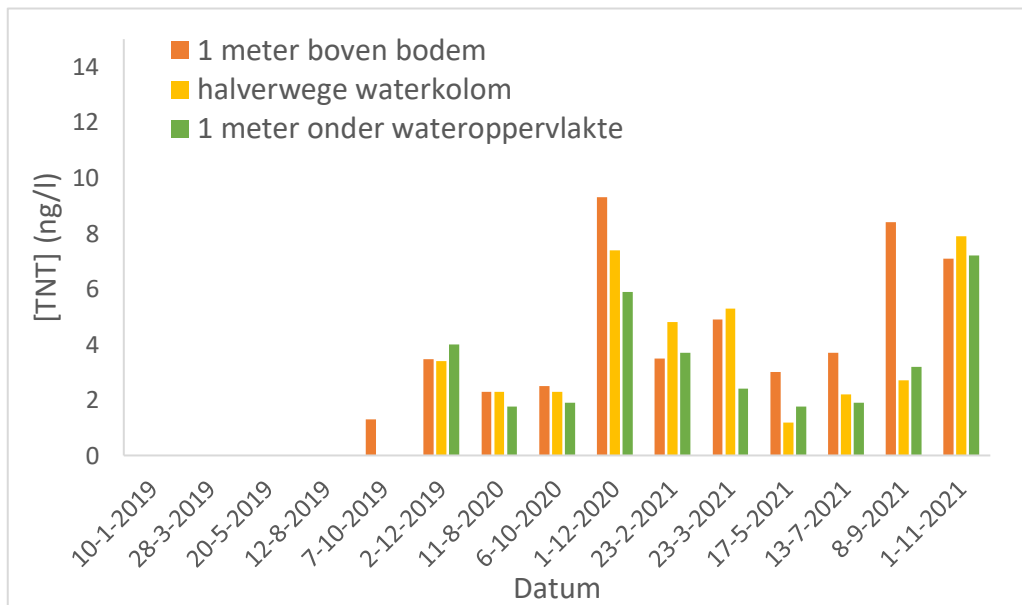
In tabel 1 is weergegeven welke stoffen zijn gemeten tijdens de meetcampagne van 2019/2020 en welke stoffen zijn gedetecteerd in 2021. TNT wordt beide keren gemeten, maar er zijn in 2021 wel minder verschillende afbraakproducten van TNT gemeten. Zo zijn in 2021 alleen de afbraakproducten 2-amino-4,6-dinitrotolueen en 4-amino-2,6-dinitrotolueen gemeten. 1,3,5-trinitrobenzeen, 1,3-dinitrobenzeen en de zeer zorgwekkende stof 2,4-dinitrotolueen zijn gedetecteerd in 2019 en 2020 gedetecteerd, maar niet in 2021.

**Tabel 1: Springstof en afbraakproducten die zijn geanalyseerd, met bijbehorende aquo-code, afkorting, Cas-nummer, of het classificatie als zeer zorgwekkende stof (ZZS) en of het tijdens de meetcampagnes uitgevoerd door Rijkswaterstaat in 2019/2020 en 2021 gedetecteerd is.**

Stof	Aquo-code	Afkorting	Cas	ZZS	2019/2020	2021
2,4,6-trinitrotolueen	TNT	2,4,6-TNT	118-96-7		Ja	Ja
1,3,5-trinitrobenzeen	135TNO2Ben	1,3,5-TNB	99-35-4		Ja	Nee
1,3-dinitrobenzeen	13DNO2Ben	1,3-DNB	99-65-0		Ja	Nee
5-nitro-o-toluidine	5NO2otlidne		99-55-8		Nee	Nee
2,4-diamino-6-nitrotolueen	24DAo6NO2Tol		6629-29-4		Nee	Nee
2,6-diamino-4-nitrotolueen	26DAo4NO2Tol		59229-75-3		Nee	Nee
2-amino-4,6-dinitrotolueen	2Ao46DNO2Tol	2A-DNT	35572-78-2		Ja	Ja
2-amino-6-nitrotolueen	2Ao6NO2Tol		603-83-8		Nee	Nee
4-amino-2,6-dinitrotolueen	4Ao26DNO2Tol	4A-DNT	19406-51-0		Ja	Ja
2,4-dinitrotolueen	24DNO2Tol	2,4-DNT	121-14-2	Ja	Ja	Nee
2,6-dinitrotolueen	26DNO2Tol		606-20-2	Ja	Nee	Nee
3,4-dinitrotolueen	34DNO2Tol		610-39-9	Ja	Nee	Nee

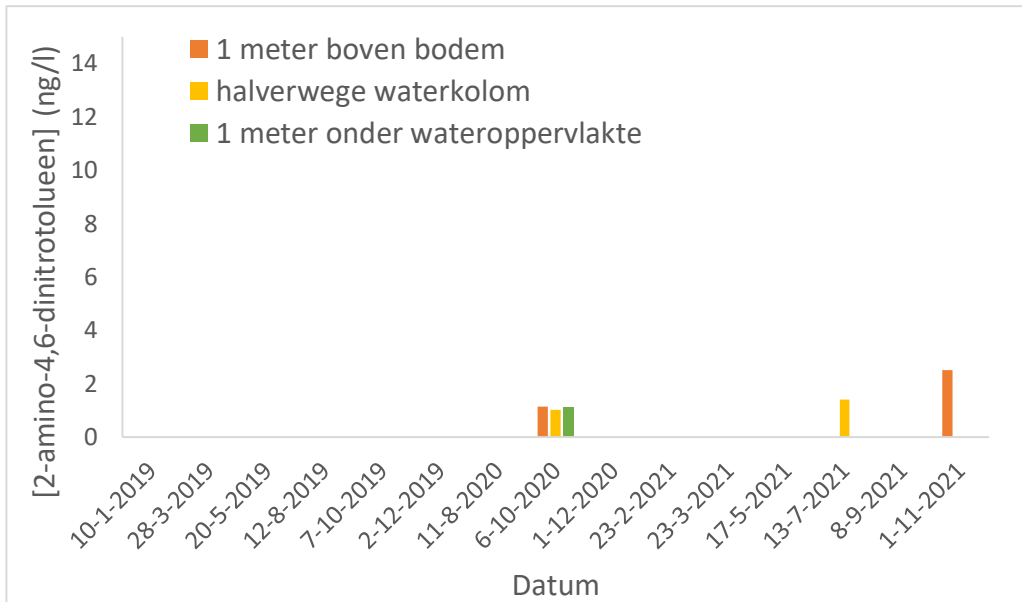


TNT wordt gemeten boven het munitiedepot, zowel 1 meter boven de bodem, halverwege de waterkolom en 1 meter onder het wateroppervlak. Hoewel de watermonsters sinds 2021 worden aangezuurd om de mogelijke afbraak van TNT te remmen, is er vanaf 2021 geen duidelijk verschil in TNT concentraties te zien (figuur 1). Ondanks dat de watermonsters in 2019 en 2020 niet zijn aangezuurd, was de afbraak van TNT klaarblijkelijk minimaal en heeft er dus geen onderschatting van de daadwerkelijke TNT concentraties plaatsgevonden.

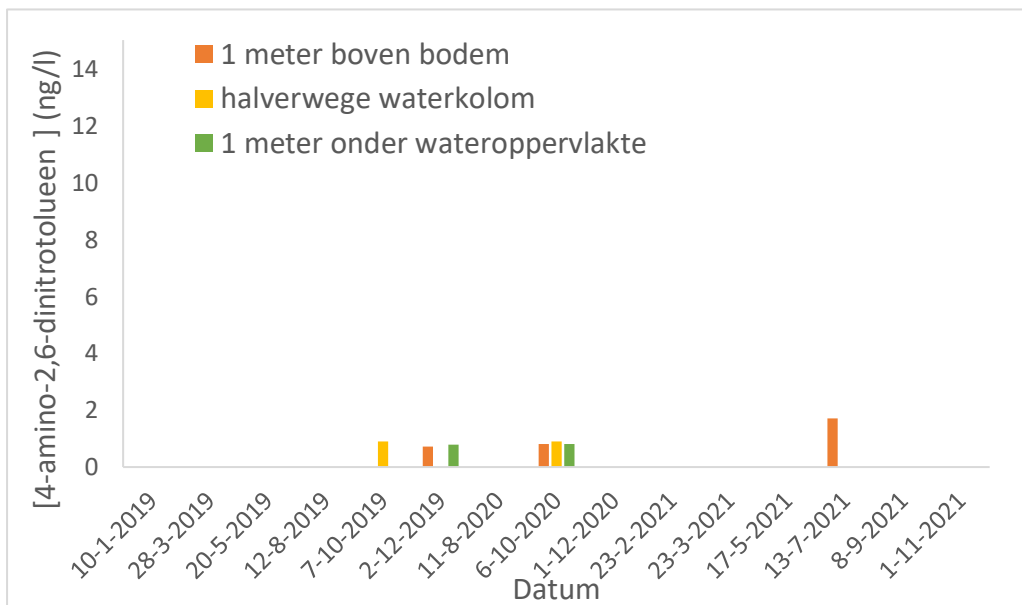


**Figuur 1: TNT concentraties die zijn gemeten boven het munitiedepot bij Zierikzee, net boven de bodem, halverwege de waterkolom en 1 meter onder het wateroppervlak. Vanaf 2021 zijn de watermonsters aangezuurd.**

De afbraakproducten die in 2021 zijn gemeten zijn 2-amino-4,6-dinitrotolueen en 4-amino-2,6-dinitrotolueen. Voor 2-amino-4,6-dinitrotolueen geldt dat deze stof slechts een aantal keer is gedetecteerd en dat de concentraties in 2021 vergelijkbaar zijn met de gemeten concentraties in 2020 (figuur 2). 4-amino-2,6-dinitrotolueen is ook een aantal keer gemeten in 2019, 2020 en 2021. De gemeten concentratie in 2021 is vergelijkbaar met de concentraties die zijn gemeten in 2019 en 2020 (figuur 3). Ook de concentratie van deze twee afbraakproducten wordt niet beïnvloed door het wel of niet aanzuren van de watermonsters.



**Figuur 2: 2-amino-4,6-dinitrotoluene concentraties die zijn gemeten boven het munitiedepot bij Zierikzee, net boven de bodem, halverwege de waterkolom en 1 meter onder het wateroppervlak.**



**Figuur 3: 4-amino-2,6-dinitrotoluene concentraties die zijn gemeten boven het munitiedepot bij Zierikzee, net boven de bodem, halverwege de waterkolom en 1 meter onder het wateroppervlak.**

Bij de meeste metingen worden geen afbraakproducten van TNT gedetecteerd. De gemeten concentraties afbraakproducten zijn in de meeste gevallen te laag om te meten (figuur 2 en figuur 3).

### 3.2 Waterkwaliteit

Tijdens de meetcampagne in 2019 en 2020 werd TNT niet alleen boven het munitiedepot gemeten, maar ook bij meetlocatie Wissenkerke, zo'n 10 kilometer ten westen van het munitiedepot. Het is te verwachten dat er concentratiegradiënten optreden in de Oosterschelde, door de relatief lange verblijftijd van het water in dit waterlichaam (WL, 2001). Stromingsmodellen gericht op bepaling van concentraties door lozing van stoffen in de Oosterschelde geven aan dat de concentratie springstof tussen Zierikzee en Wissenkerke al zodanig verdund moet zijn, dat de concentraties bij Wissenkerke te laag zouden moeten zijn om te kunnen meten (Lievense, 2007).

#### 3.2.1 Oosterschelde en bovenstrooms

Ten eerste is onderzocht of er in de gehele Oosterschelde sprake is van lage concentraties TNT. Daarvoor zijn naast het munitiedepot en meetlocatie Wissenkerke ook de locaties Oesterdam (OESTDAM, 07440000; 38785000), Lodijkse gat (LODSGT, 06783000; 39023000) en Zijpe (ZIJPE, 06570000; 40700000) (figuur 1) bemonsterd. Deze locaties liggen bovenstrooms het munitiedepot.

TNT wordt niet alleen rondom het munitiedepot gemeten, maar ook benedenstrooms bij meetlocatie Wissenkerke en bovenstrooms bij meetlocatie Oesterdam, Lodijkse gat en Zijpe. De concentraties zijn laag, veelal lager dan 1 ng/l. Afbraakproducten van TNT worden alleen boven het munitiedepot gemeten en niet op andere locaties in de Oosterschelde.

**Tabel 2: TNT concentraties (in ng/l) in de Oosterschelde.**

Datum	Munitiedepot			Wissenkerke	Oesterdam	Lodijkse gat	Zijpe
	1m onder wateroppervlakte	halverwege waterkolom	1m boven bodem	1m onder wateroppervlakte	1m onder wateroppervlakte	1m onder wateroppervlakte	1m onder wateroppervlakte
23-2-2021	3,7	4,8	3,5	0,1			
23-3-2021	2,4	5,3	4,9	1,33			
17-5-2021	1,76	1,19	3	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
13-7-2021	1,9	2,2	3,7	1		<0,125	
8-9-2021	3,2	2,7	8,4	2,3	0,6	0,51	0,51
1-11-2021	7,2	7,9	7,1	0,81	0,125	0,19	0,37

#### 3.2.2 Westerschelde

Er is onderzocht of er ook in de Westerschelde TNT in het water aanwezig is. In de Westerschelde bevindt zich geen munitiedepot, maar staat wel in directe verbinding met de Noordzee. In de Noordzee zijn verschillende locaties waar (vermoedelijk) munitie ligt (Ospar, 2001).

In de Westerschelde is één meetlocatie bemonsterd op TNT en afbraakproducten, namelijk Vlissingen (VLISSGBISSV, 02828000; 38190000) in het westen van de Westerschelde. Daarnaast is het Antwerps Kanaalpand (ANTWKNP2, 7555000; 37825000) bemonsterd.

In tabel 3 is te zien dat zowel bij Vlissingen als het Antwerps Kanaalpand TNT wordt gemeten. De concentraties TNT zijn bij Vlissingen een factor 2 tot 7 hoger dan bij het Antwerps Kanaalpand. Dit doet vermoeden dat TNT vanuit de Noordzee de Westerschelde bereikt, aangezien de concentratie TNT afneemt in het oostelijk gedeelte van de Westerschelde en dat er geen munitiedepot in de Westerschelde ligt dat als bron voor TNT kan dienen. Hierbij dient vermeld te worden dat de

uitwisseling tussen de Westerschelde en het Antwerps Kanaalpand minimaal is door de aanwezigheid van sluizen.

**Tabel 3: TNT concentraties (in ng/l) in de Westerschelde en Antwerps Kanaalpand.**

Datum	Vlissingen	Antwerps Kanaalpand
	1m onder wateroppervlakte	1m onder wateroppervlakte
26-4-2021	<1,0	<1,0
19-7-2021	<0,125	
16-9-2021	1,15	0,5
9-11-2021	4,6	0,65

### 3.2.3

#### *Noordzee*

In de Noordzee zijn op drie locaties watermonsters genomen om de concentratie TNT en de afbraakproducten te bepalen. Dit zijn de meetlocaties Walcheren 2 km uit de kust (WALCRN2, 03243900; 51325600), Schouwen 10 km uit de kust (SCHOUWN10, 03294300; 51431200) en Terschelling 10 km uit de kust (TERSLG10, 05060300; 53274000).

In tabel 4 is te zien dat TNT wordt gemeten op meetpunt Terschelling en meetpunt Walcheren. Bij Schouwen 10 km uit de kust blijven de concentraties TNT onder de detectielimiet. Hoewel de concentraties laag zijn en veelal onder de detectielimiet, is er in de Noordzee sprake van lage concentraties TNT. Afbraakproducten van TNT zijn niet gedetecteerd op de meetlocaties in de Noordzee.

**Tabel 4: TNT concentraties (in ng/l) in de Noordzee.**

Datum	Schouwen 10 km uit de kust	Terschelling 10 km uit de kust	Walcheren 2 km uit de kust
	1m onder wateroppervlakte	1m onder wateroppervlakte	1m onder wateroppervlakte
20-5-2021	< 1	< 1	< 1
22-7-2021	< 0,125	< 0,125	< 0,125
23-9-2021	< 0,125	0,34	0,2

Voor de Nederlandse en Belgische kust zijn verschillende locaties waar vermoedelijk munitie ligt (figuur 5). Onder invloed van het zoute water corrodeert deze munitie en komt TNT vrij in het water. De sterke stroming in de Noordzee zorgt ervoor dat TNT wordt verspreid. Aangezien de Oosterschelde en de Westerschelde in open verbinding staan met de Noordzee, kan een deel van de opgeloste TNT ook deze wateren bereiken. De waterkwaliteit en de concentratie TNT in de Oosterschelde en de Westerschelde worden zo mede beïnvloed door de Noordzee en de corroderende munitie die hierin ligt. In de Oosterschelde heeft ook het munitiedepot 'Gat van Zierikzee' invloed op de waterkwaliteit en de gemeten TNT concentraties.



**Figuur 5: Locaties in de Noordzee waar vermoedelijk munitie ligt. De blauwe stippen geven locaties aan waar conventionele munitie (bommen, granaten, torpedo's en mijnen) ligt. De zwarte stippen geven locaties weer waar de identiteit van de munitie onbekend is, maar mogelijk ligt hier ook chemische munitie (zoals mosterdgas). Hoeveel munitie er op de verschillende plekken ligt is onbekend (Ospar, 2001).**

### 3.2.4

#### *Waterkwaliteit*

Om een uitspraak te doen over de waterkwaliteit, worden de gemeten concentraties springstof en afbraakproducten vergeleken met normen die gelden voor oppervlaktewater. Tijdens de meetcampagne van 2021 zijn naast TNT ook 2-amino-4,6-dinitrotolueen en 4-amino-2,6-dinitrotolueen. Deze afbraakproducten van TNT zijn alleen in een beperkt aantal monsters boven het munitiedepot van Zierikzee aangetroffen. Voor deze drie stoffen is een indicatief Maximaal Toelaatbaar Risico (i-MTR) afgeleid. Het i-MTR is een conservatieve (d.w.z. strenge) norm die rekening houdt met humaan toxicologische effecten en ecologisch toxische effecten. Eventuele overschrijding van de i-MTR kan invloed hebben op de ecologische waterkwaliteit. Aangezien deze stoffen niet ophopen in schelpdieren en vis, is de kans op doorvergiftiging via de voedselketen nihil (Wijsman, 2015).

In tabel 5 zijn voor TNT en de gedetecteerde afbraakproducten de i-MTRs weergegeven, gevolgd door de maximale concentraties die zijn gemeten tijdens de meetcampagne 2021. De concentraties liggen voor alle stoffen ver onder de i-MTRs. Op geen van de meetlocaties vormen het vrijgekomen TNT en afbraakproducten daarvan een risico voor de ecologische waterkwaliteit of gezondheid. Dit is in overeenstemming met eerder onderzoek (van Eck, 2001, van Ham, 2002, van Ham, 2005, Berbee, 2015, den Otter, 2021, Hogendoorn 2021).

**Tabel 5: Springstof en afbraakproducten die zijn gedetecteerd, met bijbehorende indicatief Maximaal Toelaatbaar Risico (i-MTR) en de hoogste gemeten concentraties, inclusief alle meetlocaties die zijn bemonsterd tijdens de meetcampagne 2021. De normen zijn te vinden via <https://rvszoekstelsysteem.rivm.nl/> .**

Stof	i-MTR zoet (ng/l)	Concentratie (ng/l)
2,4,6-trinitrotolueen (TNT)	620	8,4
2-amino-4,6-dinitrotolueen	1800	2,4
4-amino-2,6-dinitrotolueen	1800	1,7

## 4 Conclusie

In dit rapport worden de drie onderzoeksvragen beantwoord. Ten eerste is onderzocht of de gemeten concentraties springstof en afbraakproducten voor 2019/2020 een onderschatting waren van de daadwerkelijke concentratie, omdat de springstof mogelijk niet stabiel blijft tussen het nemen van het watermonster en de daadwerkelijke analyse. Ten tweede is onderzocht of springstof niet alleen in de Oosterschelde gedetecteerd worden, maar ook in de Noordzee of Westerschelde, wat duidt op meerdere locaties met corroderende munitie als bron voor de concentraties gemeten bij Wissenkerk. Tot slot is onderzocht of de gemeten concentraties springstof en zijn afbraakproducten een gevaar vormen voor de volksgezondheid en de ecologische waterkwaliteit.

Tijdens de meetcampagne van 2021 zijn de watermonsters aangezuurd, wat de mogelijke afbraak van TNT remt. Een vergelijking van de analyseresultaten van 2019/2020 en 2021 laat vergelijkbare concentraties TNT en afbraakproducten van TNT zien, waaruit geconcludeerd kan worden dat de afbraak van TNT minimaal was tijdens de meetcampagne 2019/2020. Er was dus geen sprake van onderschatting van de TNT concentratie, noch van de afbraakproducten van TNT.

Vervolgens is onderzocht of TNT alleen in de Oosterschelde gedetecteerd wordt, of ook in de Westerschelde en de Noordzee. De analyseresultaten laten zien dat ook in de Westerschelde en de Noordzee vergelijkbare, lage concentraties TNT worden aangetroffen. In de Noordzee bevinden zich verschillende locaties waar munitie ligt en TNT kan vrijkomen na corrosie van de metalen omhulsels. Aangezien de Westerschelde en de Oosterschelde in open verbinding staan met de Noordzee, kan de opgeloste TNT vanuit de Noordzee deze waterlichamen bereiken. De concentratie TNT in de Oosterschelde wordt dus beïnvloed door de Noordzee en het munitiedepot 'Gat van Zierikzee.

Ondanks dat TNT op veel verschillende locaties is aangetroffen, is de waterkwaliteit niet in het geding. De gemeten concentraties liggen ten minste een factor 70 onder de normen die gelden voor TNT en afbraakproducten. De normen houden rekening met humaan toxicologische effecten en ecologisch toxische effecten. Aangezien de norm niet wordt overschreden, komen de ecologische waterkwaliteit en de volksgezondheid niet in het geding komen als gevolg van uit het munitiedepot vrijkomen van springstoffen en afbraakproducten van springstoffen.

## 5 Referenties

- Beek, M. ten Hulscher, D. en Fleuren, R. 2006.** *Afleiding van 25 ad hoc MTR's 2006*. Rijkswaterstaat.
- Berbee, R.P.M en de Boer, R. 2015.** *Munitiedepot Oosterschelde - metingen waterkwaliteit 2014*. Rijkswaterstaat.
- Carreras Vaquer, F. en Fresno, A. 2008.** *European Union Risk Assessment Report 2,4-Dinitrotoluene*. ECHA.
- Crockett, A.B, Craig, H.D en Jenkins, T.F. 1991.** Field Sampling And Selecting On-site Analytical Methods Methods For Explosives in Water. EPA. EPA/600/S-99/002.
- den Otter, A. et al. 2021.** *Monitoring munitiedumpgebied Oosterschelde 2020*. Ministerie van Defensie, Rijkswaterstaat.
- EPA. 2017.** Technical Fact Sheet - 2,4,6-Trinitrotoluene (TNT). EPA. 505-F-17-009.
- Hansler, R.J. Traas, R.P. en Mennes, W.C. 2006.** *Handreiking voor de afleiding van indicatieve milieukwaliteitsnormen*. RIVM
- Hogendoorn, C en Berbee R. 2021.** *Waterkwaliteit munitiedepot Gat van Zierikzee, Oosterschelde (2019-2020)*. Rijkswaterstaat
- Hoijtink, R. Vroege, M. en Schreuders, R. 2002.** *Protocol monitoring en toestandsbeoordeling oppervlaktewater KRW*. Rijkswaterstaat.
- Lievense, P. 2007.** *Immissietoets voor de Oosterschelde*. Rijkswaterstaat.
- OSPAR. 2021.** *OSPAR Encounters with Dumped Chemical and Conventional Munitions - 2018*
- Osté, L en Altena. 2019** *Afleiden achtergrondconcentraties 2018*. Deltares. 122-98-017
- de Poorter, L.R.M. et al. 2015.** *Handleiding voor de afleiding van indicatieve milieurisicogrenzen*. RIVM
- Richtlijn 2013/39/EU. 2013.** *Prioritaire Stoffen*.
- van Eck, G. Tm. M, Holland, A. M. B. M en van Pagee, J. A. 2001.** *Risicobeoordeling Munitiedepot Oosterschelde*. Rijkswaterstaat.
- van Ham, N.H.A, Duvalois, W en Blankendaal, V.G. 2001.** Beoordeling van de milieurisico's van gestorte munitie in de Oosterschelde - Bureaustudie op basis van metingen in 1999. TNO rapport. PML 2000-A68.
- van Ham, N.H.A, et al. 2002.** Beoordeling van de milieurisico's van gestorte munitie in de Oosterschelde - Vervolgonderzoek op basis van metingen in 2001. TNO rapport. 2003-A60.
- van Ham, N.H.A, et al. 2005.** Beoordeling van milieurisico's van gestorte munitie in de Oosterschelde - Vervolgonderzoek op basis van metingen in 2003. TNO rapport. PML 2004-A40.
- Wijsman, J.W.M, Kotterman, M.J.J en van Kwadijk C.J.A.F. 2015.** Energetische stoffen en zware metalen in schelpdiervlees bij munitiedepot Gat van Zierikzee. IMARES. C040/15.
- WL 2001.** Tracer berekeningen Oosterschelde (Z3118)



