

C-1406g

b30

# **Bronnen van waterverontreiniging in de Zeeuwse zoute wateren**

**Inventarisatie van bronnen in de Zeeuwse zoute wateren  
van de stoffen nikkel, zink, arseen, TBT en PCB**

Contactpersoon G.Kraijo  
RWS dir. Zeeland AXB

AXB 2000-2  
J.F.Oele  
Middelburg  
juni 2000

## Samenvatting

Het oppervlaktewater in Nederland voldoet op veel plaatsen niet aan het Maximaal Toelaatbaar Risico (MTR) en/of aan de Streefwaarden (SW). Na sanering van de puntbronnen is de verbetering van de waterkwaliteit blijven steken en daarmee is de invloed vanuit diffuse bronnen steeds merkbaarder geworden. Dit is aanleiding om de aandacht meer te gaan richten op de diffuse bronnen zoals verkeer, landbouw, huishoudens, scheepvaart, waterbouwkundige werken en atmosferische depositie.

Regio's in Nederland hebben een aantal onderlinge verschillen wat betreft de mate waarin stoffen voor problemen zorgen in het oppervlaktewater. Voor de Zeeuwse zoute wateren is eerst bekeken wat de probleemstoffen zijn, waarbij afhankelijk van de mate van overschrijding van het MTR en SW een prioriteit is vastgesteld. Probleemstoffen met hoge prioriteit zijn: koper, stikstof, fosfor, polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK), tributyltin (TBT), nikkel en zink. Andere probleemstoffen zijn polychloorbifenylen (PCB's), arseen, lood, cadmium, chroom, minerale olie en extraheerbare organohalogeenvverbindingen (EOX). De stoffen komen via verschillende routes en bronnen in het oppervlaktewater, de bodem en de lucht terecht. Dit is het tweede rapport in deze serie. In het eerste rapport [Oele, 2000] kwamen de stoffen koper, stikstof, fosfor en PAK aan bod. In dit rapport wordt gekeken naar routes en bronnen voor PCB's, TBT, nikkel, zink en arseen, die rechtstreeks verontreinigingen veroorzaken van het Zeeuwse zoute Rijkswater. Arseen en PCB's overschrijden het MTR en SW weliswaar in mindere mate en hebben derhalve prioriteit twee gekregen, maar kunnen zeer toxisch zijn voor organismen in het water. De bronnen omvatten zowel diffuse als puntbronnen. De resultaten worden in verschillende diagrammen weergegeven. In de taartdiagrammen zijn de percentages weergegeven van de invloed die de bronnen hebben op de belasting van het oppervlaktewater. In onderstaand tabel zijn per bekken en per stof de grootste bronnen weergegeven.

bekken	stof	grootste bron	%	tweede bron	%	derde bron	%
Veerse Meer	zink	anodes recreatievaart	51	Kan d Walcheren	17	sluizen	16
	arseen	gemalen	66	Kan d Walcheren	30	toevoer Zandkreek	4
	TBT	visserij	77	zeevaart	23	-	-
Grevelingenmeer	arseen	gemalen	88	atmosferische dep.	9	toevoer Zijpe	3
	TBT	visserij	99	zeevaart	1	-	-
	PCB's	atmosferische dep.	91	toevoer Zijpe	9	huishoudelijk water	0
Oosterschelde	zink	toevoer Krammer	28	sluizen	24	atmosferische dep.	22
	arseen	gemalen	51	toevoer Krammer	43	atmosferische dep.	5
	TBT	visserij	86	zeevaart	14	-	-
	PCB's	atmosferische dep.	51	toevoer Krammer	49	RWZI	0
Westerschelde	nikkel	Schelde	80	Kan Gent-Terneuzen	8	Bathse Spuikanaal	5
	zink	Schelde	80	kanalen	12	gemalen	2
	arseen	Schelde	94	gemalen	5	bedrijven	1
	TBT	zeeschepen	87	werven	4	veerbotten	3
	PCB's	Schelde	80	atmosferische dep.	19	Kan Gent-Terneuzen	1

### Nikkel

Nikkel is alleen berekend voor de Westerschelde. Daar blijkt de grootste bron voor deze stof de Schelde te zijn. In het algemeen komt nikkel voornamelijk via andere wateren in de Westerschelde. Naast aanvoer vanuit andere wateren komt nikkel via gemalen en RWZI's en van bedrijven. Nikkel dat met het water via de gemalen wordt uitgeslagen, is voor het grootste deel van onbekende oorsprong en voor een ander deel voornamelijk afkomstig van RWZI's die op het polderwater lozen. Er zijn weinig wegen die direct afstromen naar de rijksoppervlaktewateren, zodat de invloed van deze bron zeer gering is. Ook de invloed van huishoudelijk water is verwaarloosbaar, evenals die van bedrijven, de atmosferische depositie, de gemalen en de RWZI's. Van een aantal bronnen zijn geen gegevens. Bijvoorbeeld nalevering van de onderwaterbodem, riooloverstorten en van corrosie van roestvast staal.

### Zink

Welke bron voor zink de grootste invloed heeft op de belasting van het oppervlaktewater is zeer verschillend per bekken. In de Westerschelde is dit de aanvoer via de Schelde en de kanalen, voor het Veerse Meer zijn dat de anodes onder recreatievaartuigen en in de Oosterschelde is de belasting met zink verdeeld over de toevoer via de Krammer, de uitloging van anodes op de sluizen en atmosferische depositie. Het blijkt dat de emissies van de roosters slechts een klein percentage van de anodes van de sluizen zijn. Kleinere bronnen voor zink in het Veerse Meer zijn gemalen (12%), atmosferische depositie, huishoudens, dakgoten, wegen, de Oosterschelde en de anodes van de beroepsvaart. In de Oosterschelde zijn dat de gemalen (15%), de anodes van de recreatievaart (9%), de RWZI's, anodes beroepsvaart, wegen, huishoudens en dakgoten. Voor de Westerschelde zijn dat de gemalen, sluizen, bedrijven, RWZI's, atmosferische depositie, huishoudens, dakgoten, wegen en anodes op schepen. De invloed van anodes op schepen laat zich vooral zien op het Veerse Meer. Door het grote aantal recreatieschepen is de invloed in totaal groot. Er komen op de Oosterschelde en Westerschelde ook enkele tonnen zink via de gemalen. Het grootste deel van de zink, dat via de gemalen wordt uitgeslagen, is afkomstig van afspoeling van verharde oppervlakken en van de landbouw. De invloed van huishoudelijk afvalwater, dakgoten en wegen is klein.

Van een aantal bronnen zijn geen gegevens bekend, zoals nalevering van de onderwaterbodem, riooloverstorten en corrosie van verzinkte materialen op bedrijfsterreinen.

### Arseen

Arseen is in alle bekkens van Zeeland aangemerkt als een probleemstof. In het algemeen komen de grootste hoeveelheden arseen via de gemalen in de rijksoppervlaktewateren. Het arseen, dat met het water van de gemalen wordt uitgeslagen, is bijna geheel afkomstig van kwel. Een andere grote bron voor arseen is de toevoer vanuit andere wateren. In bijvoorbeeld de Westerschelde is de Schelde verreweg de grootste bron. In het Grevelingenmeer is de tweede grote bron de atmosferische depositie. Voor deze cijfers is de waarde gebruikt van het meetstation in Rotterdam, wat waarschijnlijk een te hoge waarde geeft.

Kleinere bronnen voor arseen zijn voor het Veerse Meer de atmosferische depositie, voor de Oosterschelde de RWZI's en voor de Westerschelde het kanaal Gent-Terneuzen, de RWZI's en de atmosferische depositie. Er is slechts een gering aantal gegevens van arseenemissies gevonden. Een aantal bronnen, waarvan geen gegevens zijn, kan wel invloed op de belasting van het oppervlaktewater hebben, zoals nalevering van de onderwaterbodem, houten beschoeiingen en meerpalen langs de oevers en bij sluizen, riooloverstorten en strooizout.

### Tributyltin

Van TBT zijn alleen gegevens gevonden van scheepvaart en voor de Westerschelde ook van werven en een bedrijf. Op het Veerse Meer, het Grevelingenmeer en de Oosterschelde zorgen de vissersboten voor de grootste belasting van het oppervlaktewater. Op het Veerse Meer varen slechts 3 vissersschepen. Dat deze toch een grote bijdrage leveren aan de totale belasting van TBT geeft aan dat de overige berekende bronnen nog minder bijdragen aan de belasting van TBT en dat de overschrijding van de normen wellicht gezocht moet worden in bronnen, die in dit rapport nog niet berekend zijn. De Oosterschelde wordt druk bevist en deze vele vissersboten hebben met elkaar een grote invloed op de belasting van de Oosterschelde met TBT. In een convenant is afgesproken dat na 1 januari 2000 geen nieuwe TBT-houdende antifouling meer wordt aangebracht op vissersboten en per 1 januari 2003 geen TBT-houdende antifouling als actieve toplaag op de boten meer aanwezig zal zijn. Voor de Westerschelde zijn ook cijfers van baggerschepen en veerboten en voor werven en bedrijven. Deze dragen net als baggerschepen en de visserij slechts enkele procenten bij. Door hun aantallen hebben de zeeschepen verreweg de grootste invloed op de belasting van het water. Een aantal bronnen, waarvan geen gegevens zijn, kan wel een grote invloed hebben op de belasting van het water. De emissies uit de bodems zijn niet berekend. Doordat er weinig metingen zijn verricht in

water, zijn er geen gegevens van toevoer vanuit andere wateren. De landelijke toevoer door de Rijn en de Maas wordt geschat op 50 kg/jr [Evers, 1995]. Dus zal de toevoer van de Schelde ook enkele tientallen kilogrammen zijn. Er zijn ook geen gegevens van gemalen, RWZI's, oevers, huishoudelijk water, riooloverstorten en atmosferische depositie. TBT wordt ook gebruikt als houtverduurzamingsmiddel. Van de hoeveelheden gebruikte middelen en toegepast hout zijn geen gegevens.

### Polychloorbifenylen

Ondanks de slechte oplosbaarheid van PCB's in water, is de atmosferische depositie de grootste bron voor het Grevelingenmeer en de Oosterschelde. Dit is voornamelijk droge depositie van PCB's gehecht aan deeltjes en gasvormige PCB's, die veelal afkomstig zijn uit afvalverbrandingsinstallaties. In de Westerschelde wordt de invloed door atmosferische depositie overschaduwed door de toevoer vanuit de rivier de Schelde. Voor de Oosterschelde is de aanvoer vanuit de Krammer ook een grote bron. Voor het Grevelingenmeer is toevoer vanuit ander water een minder grote bron. Er komen weinig PCB's uit huishoudelijk water in het oppervlaktewater terecht. Het rendement van RWZI's is voor PCB's hoog: 90 %. Een kleine bron voor het Grevelingenmeer en de Oosterschelde is het huishoudelijk water en voor de Westerschelde zijn dat het huishoudelijk water, de RWZI's en het Bathse spuikanaal. Van emissies van de in de bodem opgeslagen PCB's zijn geen gegevens. Ook zijn er geen gegevens van gemalen, bedrijven, stortplaatsen en riooloverstorten.

Een aantal emissiebronnen kan verder onderzocht worden, zoals:

- Atmosferische depositie: Wanneer nieuwe gegevens beschikbaar komen, kunnen de cijfers voor atmosferische depositie opnieuw berekend worden.
- Gemalen: De gemalen hebben over het algemeen een groot aandeel in de belasting van de bekkens. Om beter inzicht te krijgen in de deelstromen, kunnen gegevens van Rijkswaterstaat en waterschappen gekoppeld worden.
- Riooloverstort: Via overstorten worden de overtollige hoeveelheden water direct op het oppervlaktewater geloosd. De stoffen die hiermee worden geloosd, zijn moeilijk te kwantificeren.
- Bedrijven: Van bedrijven, die lozen op rijkswateren, zijn nog onbekende emissies.
- Terreinen: Van terreinen direct aan het water wordt niet overal het regenwater via een riolering afgevoerd. Waar het water direct naar het oppervlaktewater afspoelt, spoelen diverse stoffen van de terreinen mee.
- Vuurwerk: Bij het afsteken van vuurwerk komen metalen in het water. Deze bron is niet onderzocht.
- Andere wateren: De gegevens over toevoer vanuit kanalen en rivieren zijn niet compleet. Een aantal stoffen, zoals TBT en PCB's wordt niet of nauwelijks gemeten in het water. Het verdient aanbeveling om vooral de probleemstoffen alsnog in monitoringsmetingen op te nemen.
- Oevermaterialen: Er is hiervan slechts een beperkt aantal gegevens beschikbaar.
- Uitwisseling met de bodem: Door bewegingen kunnen in de bodem opgeslagen stoffen weer in het water komen. Het RIKZ heeft aangegeven dat beschikbare modellen geen goed beeld geven van deze re-emissies.
- Baggeren: Bij het baggeren wordt materiaal van de bodem opgewerveld. De hoeveelheden stoffen die op deze manier weer in het water komen zijn moeilijk te kwantificeren.
- Morsingen: De hoeveelheden stoffen die door morsingen in het water terecht komen, zijn slecht kwantificeerbaar.
- Uitlaatgassen van scheepvaart: De hoeveelheid metalen die via uitlaatgassen in het water terechtkomen wordt door TNO op enige tientallen kilo's per stof geschat.

Bij verder onderzoek zou rekening gehouden moeten worden met de trends van de stoffen. Als bijvoorbeeld door saneringen de concentraties van bepaalde stoffen dalen, is de prioriteit voor



de toekomst ook lager. De grootste aandacht moet uitgaan naar stoffen, waarvan de concentraties in de loop der jaren gestegen zijn. Ook ontwikkelingen bij de bronnen van de emissies moeten gevolgd worden.

Tot slot is het aan te bevelen om te proberen de balansen van de stoffen te sluiten. Hierbij zullen ongetwijfeld nog een aantal missende schakels aan het licht komen.

# Inhoudsopgave

Samenvatting .....	1
1. Leeswijzer.....	7
2. Inleiding .....	8
3. Onderzochte stoffen.....	9
3.1 Prioriteit .....	9
3.2 De stoffen in het milieu .....	10
3.2.1 Nikkel.....	10
3.2.2 Zink .....	10
3.2.3 Arseen .....	11
3.2.4 Tributyltinverbindingen (TBT).....	11
3.2.5 Polychloorbifenylen (PCB's).....	11
4. Gegevens.....	13
4.1 Gevonden gegevens .....	13
4.2 Herkomst van gegevens .....	13
4.2.1 Gemalen .....	13
4.2.2 Rioolwaterzuiveringsinstallaties.....	14
4.2.3 Huishoudelijk water.....	14
4.2.4 Dakgoten .....	14
4.2.5 Atmosferische depositie.....	14
4.2.6 Toevoer vanuit andere wateren.....	15
4.2.7 Wegen .....	15
4.2.8 Scheepvaart.....	15
4.2.9 Sluizen .....	16
4.2.10 Bedrijven.....	16
4.2.11 Werven.....	16
5. Ontbrekende gegevens .....	17
5.1 Ontbrekende gegevens voor Nikkel, Zink, Arseen, TBT en PCB's .....	17
5.2 Niet behandelde stoffen .....	17
6. Gegevens per bekken per stof .....	18
6.1 Veerse Meer / zink.....	18
6.1.1 Gegevens.....	18
6.1.2 Resultaten .....	18
6.1.3 Cijfers en grafieken.....	19
6.2 Veerse Meer / arseen .....	21
6.2.1 Gegevens.....	21
6.2.2 Resultaten .....	21
6.2.3 Cijfers en grafieken.....	22
6.3 Veerse Meer / TBT .....	23
6.3.1 Gegevens.....	23
6.3.2 Resultaten .....	23
6.3.3 Cijfers en grafieken.....	23
6.4 Grevelingenmeer / arseen .....	24
6.4.1 Gegevens.....	24
6.4.2 Resultaten .....	25
6.4.3 Cijfers en grafieken.....	25
6.5 Grevelingenmeer / TBT .....	26
6.5.1 Gegevens.....	26
6.5.2 Resultaten .....	26
6.5.3 Cijfers en grafieken.....	27

6.6 Grevelingenmeer / PCB's .....	28
6.6.1 Gegevens.....	28
6.6.2 Resultaten .....	28
6.6.3 Cijfers en grafieken.....	28
6.7 Oosterschelde / zink.....	29
6.7.1 Gegevens.....	30
6.7.2 Resultaten .....	30
6.7.3 Cijfers en grafieken.....	31
6.8 Oosterschelde / arseen .....	33
6.8.1 Gegevens.....	33
6.8.2 Resultaten .....	33
6.8.3 Cijfers en grafieken.....	33
6.9 Oosterschelde / TBT .....	35
6.9.1 Gegevens.....	35
6.9.2 Resultaten .....	35
6.9.3 Cijfers en grafieken.....	35
6.10 Oosterschelde / PCB's .....	36
6.10.1 Gegevens.....	36
6.10.2 Resultaten .....	37
6.10.3 Cijfers en grafieken.....	37
6.11 Westerschelde / nikkel.....	38
6.11.1 Gegevens.....	38
6.11.2 Resultaten .....	39
6.11.3 Cijfers en grafieken.....	39
6.12 Westerschelde / zink.....	41
6.12.1 Gegevens.....	41
6.12.2 Resultaten .....	42
6.12.3 Cijfers en grafieken.....	43
6.13 Westerschelde / arseen.....	44
6.13.1 Gegevens.....	45
6.13.2 Resultaten .....	45
6.13.3 Cijfers en grafieken.....	45
6.14 Westerschelde / TBT .....	47
6.14.1 Gegevens.....	47
6.14.2 Resultaten .....	47
6.14.3 Cijfers en grafieken.....	48
6.15 Westerschelde / PCB's .....	49
6.15.1 Gegevens.....	49
6.15.2 Resultaten .....	49
6.15.3 Cijfers en grafieken.....	50
7. Conclusie en discussie .....	52
8. Aanbevelingen .....	56
9. Literatuur .....	58
10. Afkortingen.....	59
11. Tabellenlijst: .....	59
12. Grafiekenlijst .....	60
13. Bijlagen:.....	60

## **1. Leeswijzer**

Hoofdstuk 2 is de inleiding. In hoofdstuk 3 worden stoffen beschreven, waarvan onderzocht is, in welke mate ze invloed hebben op de totale belasting van het Zeeuwse zoute oppervlaktewater. Hoofdstuk 4 bevat de verzamelde gegevens en de herkomst van de gegevens. In hoofdstuk 5 worden de ontbrekende gegevens vermeld en de stoffen die nu niet zijn onderzocht, maar in de toekomst mogelijk nog wel aan bod zullen komen. De invloed van verschillende bronnen op de totale belasting van het oppervlaktewater voor de stoffen nikkel, zink, arseen, TBT en PCB's per bekken komen aan bod in hoofdstuk 6. Dan volgen de conclusies en de discussie van de resultaten in hoofdstuk 7. In hoofdstuk 8 worden enige aanbevelingen gedaan.

## 2. Inleiding

Het oppervlaktewater in Nederland voldoet op veel plaatsen niet aan het Maximaal Toelaatbaar Risico-niveau (MTR) en/of aan de Streefwaarden (SW). De vervuilingen afkomstig van puntbronnen nemen langzamerhand af. Na sanering is echter de verbetering van de waterkwaliteit blijven steken en daarmee wordt de invloed vanuit diffuse bronnen steeds beter merkbaar. Dit is aanleiding om de aandacht meer te gaan richten op diffuse bronnen zoals verkeer, landbouw, huishoudens, recreatie, waterbouwkundige werken en atmosferische depositie. Regio's in Nederland hebben een aantal onderlinge verschillen wat betreft de mate waarin stoffen voor problemen zorgen in het oppervlaktewater. Er is eerst bekeken, welke stoffen problemen geven in de Zeeuwse zoute rijkswateren. De basis wordt gevormd door de lijst met diffuse probleemstoffen van de Commissie Integraal Waterbeheer van de CUWVO (CIW/CUWVO) en de milieukwaliteitsnormen in de vierde Nota Waterhuishouding (NW4). Aan de hand van de mate en frequentie van overschrijdingen van het MTR en SW is door het RIKZ onderzocht wat de probleemstoffen in de Zeeuwse zoute wateren zijn, waarbij prioriteit is aangebracht [Phernambucq, 1999a]. Probleemstoffen met hoge prioriteit zijn: koper, stikstof, fosfor, PAK, TBT, nikkel en zink. Andere probleemstoffen zijn PCB's, Arseen, lood, cadmium, chroom, minerale olie en EOX. De stoffen komen via verschillende routes en bronnen in het oppervlaktewater, de bodem en de lucht terecht.

In het rapport van Oele [2000] zijn de stoffen koper, stikstof, fosfor en PAK besproken. In dit rapport wordt gekeken naar routes en bronnen van nikkel, zink, arseen, TBT en PCB's, die rechtstreeks verontreinigingen veroorzaken naar het oppervlaktewater van de Westerschelde, de Oosterschelde, het Veerse Meer en het Grevelingenmeer.

### 3. Onderzochte stoffen

In dit hoofdstuk komt de prioriteit van de stoffen aan bod. Vervolgens worden de effecten van de stoffen in het milieu beschreven.

#### 3.1 Prioriteit

Aan de hand van de mate van overschrijding van het MTR en de SW, is een prioriteitenlijst gemaakt van probleemstoffen in de Zeeuwse zoute bekkens [Phernambucq, 1999a]. Het gaat hier om de bekkens Veerse Meer, Grevelingenmeer, Oosterschelde en Westerschelde. Stoffen met prioriteit 1 overschrijden het MTR herhaaldelijk, stoffen met prioriteit 2 overschrijden het MTR soms en/of de SW herhaaldelijk, stoffen met prioriteit 3 overschrijden de SW soms of er zijn weinig gegevens bekend over de concentraties in de componenten. De stoffen koper, fosfor, stikstof, polycyclische koolwaterstoffen (PAK), tributyltin (TBT), nikkel en zink leveren de meeste problemen op. Zij overschrijden het MTR meerdere malen. Andere probleemstoffen zijn polychloorbifenylen (PCB's), arseen, lood, cadmium, chroom, minerale olie en extraheerbare organische halogeenvverbindingen (EOX). In tabel 1 is de prioriteit van de stoffen voor de verschillende bekkens weergegeven, aan de hand van overschrijdingen.

Tabel 1: Prioriteit van stoffen voor de Zeeuwse bekkens.

	Veerse Meer	Grevelingen	Oosterschelde	Westerschelde
prioriteit 1	koper stikstof fosfor	fosfor	PAK	koper PAK stikstof fosfor nikkel zink TBT
prioriteit 2	zink arseen TBT TFT	koper PAK arseen TBT PCB's cadmium kwik	koper zink arseen TBT PCB's	arseen PCB's TFT cadmium kwik chroom lood
prioriteit 3	PAK minolie	stikstof TFT minolie EOX	stikstof fosfor minolie EOX	minolie EOX

In blauw: deze stoffen worden in dit rapport behandeld.

In groen: deze stoffen zijn in het rapport van Oele [2000] behandeld.

In lichtblauw: deze stoffen zijn in het werkdocument van Phernambucq [1999b] behandeld.

In rood: deze stoffen komen niet in dit rapport aan bod.

(bron: Phernambucq, 1999a)

Bij de aanpak van dit onderzoek is niet helemaal de volgorde van de prioriteitenlijst aangehouden. De volgorde waarin de stoffen en bekkens aan bod komen, is mede

voortgekomen uit het feit dat de cijfers voor een bepaalde stof in één keer voor meerdere bekkens berekend zijn. Van de stoffen nikkel, zink, arseen, TBT en PCB's zijn de vrachten naar het oppervlaktewater voor de verschillende bronnen aangeleverd of berekend uit verkregen gegevens.

### **3.2 De stoffen in het milieu**

In deze paragraaf worden de effecten besproken van de probleemstoffen uit dit onderzoek: nikkel, zink, arseen TBT en PCB. Een aantal stoffen zoals metalen komen in kleine hoeveelheden in de natuur voor en zijn in de vorm en concentratie waarin ze voorkomen ook zelden schadelijk. Door menselijk gebruik worden de stoffen echter in verbindingen en in dermate hoge concentraties in het milieu gebracht, dat de toxische effecten een funeste invloed kunnen hebben op de flora en fauna. Andere stoffen worden industrieel samengesteld en komen niet in de natuur voor. Stoffen als TBT en PCB hebben al in zeer kleine hoeveelheden een desastreuze invloed op het milieu.

#### **3.2.1 Nikkel**

Nikkel wordt in de regel tot de zware metalen gerekend, hoewel het volgens van Straalen [1993] eigenlijk tot een tussengroep zou moeten behoren. In de aardkorst is gemiddeld 80 mg/kg van deze stof aanwezig. Bij mensen is de allergische reactie op nikkel in sieraden bekend. Nikkel is een kankerverwekkende stof [Botterweg, 1996]. Metalen zijn op zeer verschillende wijzen toxisch voor organismen doordat ze invloed hebben op verschillende processen in de cellen. De effecten zijn metaalspecifiek en afhankelijk van soort en populatie [Straalen, 1993].

Nikkel wordt naast de verwerking in sieraden, gebruikt in nikkel-cadmiumbatterijen. Landelijk is nikkel in het oppervlaktewater voor een groot deel afkomstig van de industrieën en verder van verkeer, nalevering van de bodem, huishoudens, atmosferische depositie, RWZI's en gemalen en van corrosie van roestvaststaal. In de 4<sup>e</sup> Nota Waterhuishouding (NW4) is het maximaal toelaatbaar risiconiveau vastgesteld op 5,1 µg nikkel/l opgelost in water.

#### **3.2.2 Zink**

Net als nikkel wordt ook zink ingedeeld bij de zware metalen, terwijl het eigenlijk bij een tussengroep zou moeten behoren. Metalen zijn op zeer verschillende wijzen toxisch voor organismen, doordat ze invloed hebben op verschillende processen in de cellen. De effecten zijn metaalspecifiek en afhankelijk van soort en populatie [Straalen, 1993].

Het is mogelijk voor sommige planten en dieren om resistentie op te bouwen tegen bepaalde metalen. In Limburg komt veelvuldig het zinkviooltje voor, dat resistent is tegen de grote hoeveelheden zink in de Limburgse alluviale bodem.

Zink is in het algemeen een veelgebruikt metaal. Het wordt onder andere gebruikt in dakgoten, portalen en geleiderails langs wegen en in opofferingsanodes op schepen en sluisdeuren. Ook wordt bij kunstwerken veel verzinkt metaal gebruikt, zoals roosters en leuningen. Zink wordt gemobiliseerd bij een lage pH. Atmosferische depositie is landelijk een grote bron voor zink. Verder komt zink in het water via de gemalen en RWZI's en door riooloverstorten. Ook is zink afkomstig van industrie, waar metalen voorwerpen verzinkt worden als bescherming tegen corrosie. In de 4<sup>e</sup> Nota Waterhuishouding (NW4) is het maximaal toelaatbaar risiconiveau vastgesteld op 9,4 µg zink/l opgelost in water.

### 3.2.3 Arseen

Arseen is een in de aardkorst algemeen voorkomend half-metaal. Het gemiddelde gehalte in de aardkorst is 5 mg/kg. Arseenverbindingen blijken via het water, in opgeloste vorm, carcinogene eigenschappen voor de mens te hebben. In onopgeloste vorm kan arseen gevaar opleveren voor de mens, als de mogelijkheid tot in oplossing gaan bestaat [van Starkenburg, 1985].

Bij lekkages in de riolering kan bij aanwezigheid van arseen in klei het gehalte in rioolwater oplopen. Bij de productie van fosfor komt o.a. arseen vrij. Arseen is een natuurlijk bestanddeel van fosfaaterts. In Zeeland is een chemische bedrijf dat fosfor bereidt uit fosfaaterts.

Arseen wordt, veelal uitgaande van arseen-trioxide, toegepast in bestrijdingsmiddelen, glasproductie, metaalproducten, electronica, geneesmiddelenproductie en verf. Arseen wordt als arseniet in bestrijdingsmiddelen alleen nog gebruikt voor aardappelloofdoding [van Starkenburg, 1985]. In de 4<sup>e</sup> Nota Waterhuishouding (NW4) is het maximaal toelaatbaar risiconiveau vastgesteld op 25 µg arseen/l opgelost in water.

### 3.2.4 Tributyltinverbindingen (TBT)

In het water is tributyltinchloride (TBTC) al in zeer kleine hoeveelheden zeer toxisch voor schelpdieren, zoals oesters [Straalen, 1993]. Bij wulken veroorzaakt tributyltin (TBT) bij concentraties van 17 ng/l geslachtsveranderingen (imposex), waardoor voortplanting onmogelijk wordt, bij de purperslak is 2,4 ng/l al voldoende. In de 4<sup>e</sup> Nota Waterhuishouding (NW4) is het maximaal toelaatbaar risiconiveau vastgesteld op 1 ng TBT/l in zout en 14 ng TBT/l in zoet water. Tributyltin is een organotinverbinding, die sinds begin jaren zeventig wordt gebruikt als aangroeiwerend middel (algicide) in scheepsverven en als houtverduurzamingsmiddel. Industrie, scheepswerven en zeevaart kunnen belangrijke bronnen zijn. Verder kan TBT vanuit de bodem en via de RWZI's, polderwater en atmosferische depositie in het water terecht komen.

TBT is in alle Zeeuwse bekkens een probleemstof, het is hydrofoob en hecht zich aan zwevend stof en bodemdeeltjes. In de jachthavens van de Grevelingen en de Oosterschelde lopen de overschrijdingsfactoren van het MTR zelfs in de duizendtallen. TBT wordt afgebroken tot dibutyltin (DBT), monobutyltin (MBT) en tin. De afbraakprodukten zijn minder toxisch dan TBT. De halfwaardetijd is in water 1-10 weken en in de bodem ongeveer een jaar. Inmiddels is in veel landen het gebruik van TBT op schepen kleiner dan 25 meter verboden. Op grotere schepen mag het nog wel gebruikt worden. Men streeft er naar om op termijn wereldwijd het gebruik van TBT-houdende coatings te beëindigen.

### 3.2.5 Polychloorbifenylen (PCB's)

Effecten van polychloorbifenylen (PCB's) op biota kunnen zijn: verminderde groei, verminderde vruchtbaarheid, tumoren en verhoogde sterfte [Raad, 1993]. De hooggechloroerde PCB's zijn zeer persistent, ze kunnen na jaren nog vrijkomen in het milieu, ver verwijderd van de lozingsplaats [Venema, 1984]. Ook in (vette) vis worden in ruime mate PCB's gevonden. Door accumulatie hopen deze zich op in de voedselketen en via de dierlijke producten komen PCB's ook beschikbaar voor menselijke consumptie.

De aanvoer via de rivieren Rijn, Schelde en Maas is landelijk de grootste bron (64%) voor PCB's, waarbij hoge concentraties voorkomen in de bodem en in zwevend stof. PCB's lossen slecht op in water, ze binden zich aan zwevend stof en bij veel sedimentatie hopen PCB's zich in de bodem op. Ook atmosferische depositie is een grote bron (29%). Gezien de slechte oplosbaarheid in water, is dit voornamelijk droge depositie [Raad, 1993].

Bij verbranding in afvalverbrandingsinstallaties komen PCB's met de rookgassen in de lucht (K. Speksnijder, Rijkswaterstaat directie Zeeland) en ook door het verkeer komt PCB's vrij bij



de verbranding van benzine bij hoge temperaturen. PCB's zijn goed oplosbaar in vetten en zijn hittebestendig (olie voor warmteoverdracht en isolatie). Door lekkage uit transformatoren komen PCB's in de bodem terecht, waar ze zich hechten aan bodemdeeltjes. Stortplaatsen leveren ook emissies naar bodem en oppervlakte- en grondwater door uitlogen en afspoelen. In de industrie komen PCB's vrij tijdens productie door grondstoffengebruik met PCB's. In de effluenten van RWZI's worden zelden PCB-concentraties boven 0,01 µg/l gevonden. Het verwijderingsrendement van PCB's in RWZI's is ongeveer 90 %. De PCB's 28 en 52 hebben een MTR van 4 µg/kg in de bodem en 8 µg/kg in zwevend stof en een SW van 1 µg/kg in de bodem en 2 µg/kg in zwevend stof. De andere PCB's hebben een MTR en een SW van 4 µg/kg in de bodem en 8 µg/kg in zwevend stof

## **4. Gegevens**

De invloed van de verschillende bronnen van nikkel, zink, arseen, TBT en PCB's wordt zo compleet mogelijk weergegeven. Daartoe zijn gegevens verzameld over de bronnen. Het was echter niet mogelijk om in de voor dit rapport beschikbare tijd van alle bronnen (betrouwbare) gegevens voor Zeeland te verzamelen. In paragraaf 4.1 wordt aangegeven van welke bronnen gegevens zijn gevonden, waarna in paragraaf 4.2 de herkomst van de gevonden gegevens wordt vermeld. In hoofdstuk 5 wordt aangegeven welke gegevens nog ontbreken.

### **4.1 Gevonden gegevens**

Met behulp van verschillende gegevens en emissiefactoren uit de handreiking van de Commissie Integraal Waterbeheer zijn voor een aantal bronnen de emissiewaarden berekend [CUWVO, 1997]. Tevens zijn gegevens aangeleverd door anderen of zelf berekend. De gevonden gegevens zijn in het algemeen:

- gemalen
- RWZI's
- huishoudelijk water
- dakgoten
- atmosferische depositie
- toevoer vanuit andere wateren
- wegen
- scheepvaart
- sluizen
- bedrijven
- werven

### **4.2 Herkomst van gegevens**

De betrouwbaarheid van de gevonden waarden zal niet steeds even groot zijn. De meeste aangeleverde gegevens zijn betrouwbaar, zoals de cijfers van het Waterschap Zeeuwse Eilanden [WZE] van de emissies door de gemalen en RWZI's. De cijfers voor atmosferische depositie, huishoudelijk water, dakgoten, wegen, scheepvaart en sluizen zijn door aannames minder betrouwbaar.

#### **4.2.1 Gemalen**

Het polderwater, dat bij gemalen wordt uitgeslagen, is een verzameling van verschillende stromen. Via de gemalen wordt alle overtollig water uit het beheersgebied van het waterschap uitgeslagen. Een groot deel van het uitgeslagen water is van landbouw (akkerbouw, veeteelt, tuinbouw) afkomstig en komt door afstroming en via sloten in het oppervlaktewater. Een ander deel van het uitgeslagen water is regenwater en verder worden lozingen van industrie e.d. met het polderwater afgevoerd. Ook de RWZI's die binnen de gemalen lozen, zijn bij de cijfers van de gemalen gerekend. Dit geldt ook voor die RWZI's die vlak voor een gemaal lozen. De beschikbare cijfers over de hoeveelheden in het door gemalen uitgeslagen water zijn verstrekt door Waterschap Zeeuwse Eilanden [WZE], Waterschap Goeree-Overflakkee [WGO] en

Waterschap Zeeuws-Vlaanderen [WZV]. In bijlage 1 is een tabel van de emissies van de gemalen.

#### 4.2.2 Rioolwaterzuiveringsinstallaties

Een deel van alle vrijkomende stoffen uit de landbouw, industrie, huishoudens e.d. wordt via het riool afgevoerd. Het percentage op riolering aangesloten woningen wordt geschat op 97 %. Na zuivering in rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's) komt een deel van de stoffen via de gemalen in het oppervlaktewater terecht. De beschikbare cijfers over de hoeveelheden stoffen in het door RWZI's geloosd water zijn verstrekt door Waterschap Zeeuwse Eilanden [WZE]. Deze cijfers gelden alleen voor RWZI's die rechtstreeks op de rijkswateren lozen (bijlage 2). Er lozen geen RWZI's rechtstreeks op rijkswater vanuit de beheersgebieden van de waterschappen Goeree-Overflakkee en Zeeuws-Vlaanderen. In bijlage 2 is een tabel van de emissies van de RWZI's.

#### 4.2.3 Huishoudelijk water

De meeste huishoudens zijn aangesloten op een rioolstelsel, dat het afvalwater naar een RWZI afvoert. Een klein percentage is echter niet aangesloten. Dit zijn huizen e.d. die ver verwijderd liggen van een rioolstelsel. In het WVO-info-systeem van Rijkswaterstaat zijn o.a. alle lozingen van huishoudelijk afvalwater geregistreerd. In het rapport van Oele [2000] is een berekening gemaakt van de aantallen personen en gebouwen. Voor zink en PCB in huishoudelijk afvalwater is gerekend met het aantal bewoners. Hierbij is aangenomen dat men op een woonschip 30% van de tijd aanwezig is en in een kantoor 70%.

De cijfers zijn verrekend met de emissiefactoren uit de handreiking [CUWVO, 1997]. De aantallen bewoners zijn door aannames niet geheel betrouwbaar. Toch zullen de cijfers een redelijke indicatie geven van de invloed van deze bron op de totale belasting van het water in de bekkens.

#### 4.2.4 Dakgoten

Om de emissies van zink te bepalen uit de dakgoten, is gerekend met het aantal panden van directe lozers uit het WVO-info-systeem van Rijkswaterstaat. Er is geen onderscheid gemaakt in huizen, bedrijven e.d. Het aantal is verrekend met de emissiefactor uit de handreiking [CUWVO, 1997].

#### 4.2.5 Atmosferische depositie

Atmosferische depositie is afkomstig van verschillende bronnen. De diverse stoffen worden op velerlei wijzen in de lucht uitgestoten. Een deel van deze stoffen komt als droge depositie op het land en op het water terecht, een ander deel komt mee met neerslag.

Het RIVM geeft jaarlijks rapporten uit met neerslaggegevens. Het meetstation Braakman in Zeeuws-Vlaanderen is de meest representatieve locatie voor de Zeeuwse situatie en wordt daarom gebruikt voor dit rapport voor zink. Voor arseen en nikkel waren geen cijfers van Braakman. Hiervoor zijn cijfers van Rotterdam gebruikt. Het meetstation van Rotterdam bevindt zich in een industriegebied. De industrie zal veel invloed hebben op de concentraties van stoffen in de atmosfeer. Dit blijkt ook uit depositie cijfers van RIVM van Braakman en Rotterdam. Voor veel stoffen vallen de cijfers van Rotterdam hoger uit. Het

station van Braakman heeft alleen invloed van de industrie bij Terneuzen bij wind uit het noord-oosten. Van TBT zijn geen neerslaggegevens.

Voor PCB's wordt de depositiefactor gebruikt uit het SPEED-rapport. Er wordt gesteld dat som7PCB's 60 % is van totaal PCB's. Dan geldt bij een factor van 0,316 g totaal PCB's/ha/jr, voor som7PCB's een factor van 0,19 g /ha/jr. Daarmee komt het bijvoorbeeld voor de Oosterschelde (40.000 ha) op 7,6 kg per jaar. De deposities van stoffen op land, komen door afspoeling mee via gemalen.

#### 4.2.6 Toevoer vanuit andere wateren

Cijfers van toevoer van stoffen in water en zwevend stof vanuit andere wateren is voor een deel aangeleverd door het Waterschap Zeeuwse Eilanden (WZE) en Rijksinstituut voor Kust en Zee (RIKZ) en voor een deel uit Donar (een database van RWS) gehaald. De debietgegevens zijn gerapporteerd door Rijkswaterstaat.

TBT en PCB's zitten niet in de reguliere metingen. Incidenteel worden slibgehalten van deze stoffen gemeten voor een project.

#### 4.2.7 Wegen

Een klein deel van de wegen rond de wateren valt binnen de grens waarvoor aangenomen is, dat van het water met alle vervuiling 80 % direct naar het oppervlaktewater afstroomt. Bij bruggen, dammen en kades zonder berm tussen de weg en het water, is de afstroom 100 %. De cijfers van verkeersintensiteit zijn afkomstig van Provincie Zeeland (via R.Wisse).

De lengte van de wegen direct aan de meren is vanaf een kaart met een kaartroutemeter geschat. Ook is een schatting gemaakt van de wegdelen met 100% en 80% afstroming. Er zou eigenlijk een deling gemaakt moeten worden, in een deel dat naar het bekken toe stroomt en een deel dat naar de andere kant van de bruggen, dammen e.d. afstroomt. Er is echter voor gekozen om de "worst-case-scenario" te volgen en alles naar het betreffende water te rekenen. De situatie rond het Veerse Meer is in situ opgenomen en dit is als referentie gebruikt voor de andere bekkens. De cijfers zijn verrekend met de emissiefactoren uit de handreiking [CUWVO, 1997]. Voor wegmeubilair wordt veelal verzinkt metaal gebruikt. Vooral geleiderails hebben een groot aandeel in de emissies van wegen. De emissies voor slijtage van banden zijn in de handreiking opgesplitst in emissies door vrachtverkeer en door overig verkeer. Bij olieverliezen en uitlaatgassen is in de handreiking één emissiefactor gegeven voor de emissies door alle verkeer. Alle emissies van de wegen worden onder één noemer geschaard. Ondanks een aantal schattingen geven de cijfers toch een redelijke indicatie van de invloed van deze bron op de totale belasting van het water. In bijlage 3 zijn deze gegevens in een tabel geplaatst.

#### 4.2.8 Scheepvaart

Schepen worden voorzien van een antifouling ter voorkoming van aangroei van organismen op de scheepshuid. Werkzame stoffen zijn voornamelijk koper en TBT. Op schepen kleiner dan 25 m is sinds 1990 een verbod op het gebruik van TBT van kracht. Hieronder vallen de meeste recreatieschepen. Op grotere schepen zoals zeeschepen en vissersschepen wordt antifouling met TBT nog wel gebruikt. Binnenvaartschepen varen voornamelijk op zoete wateren en tegen aangroei in zoet water worden veelal teerprodukten gebruikt. Berekeningen tonen aan dat de emissie van TBT van de vissersboten ca.  $1,0 \mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{dag}$  bedraagt [Oele, 2000]. In de bekkens waar veel visserij plaats vindt, kan deze post een grote invloed hebben. Vanaf 1-1-2000 zal er volgens een convenant geen nieuwe TBT-houdende antifouling meer op vissersschepen worden aangebracht en drie jaar later zal er geen TBT-houdende antifouling meer als actieve toplaag

aanwezig zijn (H.Foeken, RWS-DGG). Ter voorkoming van corrosie zijn schepen voorzien van zinkanodes. Voor de emissies van TBT en zink van de beroepsvaart zijn berekeningen uitgevoerd aan de hand van sluispassages. Voor de berekening van zinkemissies door recreatievaart zijn de aantallen ligplaatsen gebruikt. De berekeningen van zink en TBT van de scheepvaart evenals van PAK (aanvulling op rapport Oele, 2000) zijn te vinden in bijlage 4.

#### 4.2.9 Sluizen

Ook op sluizen worden opofferingsanodes van zink gebruikt ter voorkoming van corrosie. De gebruikte cijfers zijn afkomstig van het RIZA en de dienstkringen van Rijkswaterstaat. Sinds korte tijd is men bij enkele sluizen bezig om zinkanodes te vervangen door aluminiumanodes. Hiermee zal de invloed van sluizen op de belasting van het water met zink afnemen. Voor de emissiecijfers is informatie over anodes op sluizen gebruikt van RIZA (bijlage 5).

Bij sluizen bevinden zich ook meestal gegalvaniseerde roosters. Bij Terneuzen en de Zandkreeksluizen zijn de gegalvaniseerde roosters opgemeten en berekend. Voor de Oosterscheldekering is een rapport met de hoeveelheden verzinkt materiaal gebruikt. Voor de Grevelingensluis is van de roosters een inschatting gemaakt. Er is gerekend met het uitloogcijfer uit het artikel van Orzessek [1996] van  $9 \text{ g/m}^2$  per jaar.

#### 4.2.10 Bedrijven

Voor vergunningen, die uitgegeven zijn door Rijkswaterstaat, worden de lozingsgegevens in het WVO-info-systeem geregistreerd. Jaarlijks worden deze cijfers verwerkt in rapporten. De in dit onderzoek gebruikte cijfers zijn uit die rapporten afkomstig. De cijfers van kleine bedrijven, zoals schelpdierverwerkende bedrijven, zijn niet bekend.

#### 4.2.11 Werven

In de Watersysteemverkenningen, butyltinverbindingen [Evers, 1995] is gevonden dat er per werf 10 kg TBT per jaar in het oppervlaktewater komt. In het WVO-info-systeem van Rijkswaterstaat zijn de werven geregistreerd. Als de verwerking van TBT-houdende antifouling op schepen in de toekomst wordt stopgezet, zullen de werven als vervuiliingsbron voor deze stof in belang afnemen.

## 5. Ontbrekende gegevens

### 5.1 Ontbrekende gegevens voor Nikkel, Zink, Arseen, TBT en PCB's

Voor nikkel, zink, arseen, TBT en PCB's is in hoofdstuk 4 aangegeven voor welke bronnen gegevens zijn gevonden. Er zijn ook gegevens niet gevonden, die misschien nog wel van belang kunnen zijn. Deze gegevens zullen niet of pas na verwerking van dit rapport beschikbaar komen. Hieronder worden deze gegevens vermeld.

- **Uitwisseling met de bodem.** Uitwisseling vindt plaats door verschil in stoffenconcentraties tussen bodem en water. In de loop der tijd zijn stoffen opgeslagen in de bodem, die weer vrij kunnen komen door diffusie en eventuele chemische reacties. Dit kunnen grote hoeveelheden zijn. Waarschijnlijk zijn er modellen beschikbaar waarmee met bekende waarden in bodem en water de emissies berekend kunnen worden. Het RIZA en het RIKZ hebben echter aangegeven, dat modellen hierin geen goed beeld kunnen geven.
- **Baggeren.** Bij het baggeren en elders weer storten van bodemmateriaal zullen door mobilisatie stoffen weer beschikbaar komen. Informatie over hoeveelheden gebaggerd materiaal en de gehalten van verschillende stoffen daarin zijn te verkrijgen bij A. Jongejan (Rijkswaterstaat directie Zeeland).
- **Riooloverstorten.** Bij hevige regenval kan soms niet al het water verwerkt worden en het wordt dan via overstorten ongezuiverd rechtstreeks naar het oppervlaktewater gevoerd. In het document van de subwerkgroep Riooloverstort van CIW "Eenduidig gedefinieerde basisinspanning, versie 14-11-1997" (kast S. Borowski, Rijkswaterstaat directie Zeeland), staan gegevens, die gebruikt kunnen worden bij de berekening.
- **Uitloging.** Arseen kan uitlogen uit onder andere houten beschoeiingen en remmingwerken. Het zal waarschijnlijk niet mogelijk zijn om te achterhalen welke materialen in welke hoeveelheden waar zijn gebruikt. Er is een begin gemaakt met de inventarisatie van piketpaaltjes en dit zal jaren duren (S. Vereeke, Rijkswaterstaat directie Zeeland).
- **Terreinen.** Dit houdt afspoeling en verwaaing in, afkomstig van verharde terreinen en gebouwen direct aan het water. Hiervoor zijn gegevens nodig over de oppervlakten en bedrijfsactiviteiten.
- **Morsingen.** Dit zijn morsingen en dumpingen van stoffen in het oppervlaktewater.
- **Uitlaatgassen scheepvaart.** In uitlaatgassen van de scheepvaart zijn verschillende metalen aanwezig. Dit wordt (door TNO) op enige tientallen kilo's per jaar landelijk geschat [CUWVO, 1997].
- **Toevoer vanuit andere wateren.** Een aantal gegevens hierover zijn gevonden (zie ook paragraaf 4.2.6). De bekkens staan in verbinding met elkaar via sluizen en kanalen. De vrachten zijn berekend met de debieten (K.Hendrikse, Rijkswaterstaat directie Zeeland) en de concentraties in de wateren. Deze concentraties zijn terug te vinden in Donar. De gebruikte bestanden zijn beschikbaar bij Rijkswaterstaat Zeeland (G.Kraijo, Rijkswaterstaat directie Zeeland). Stoffen als TBT en PCB's zijn weinig tot niet gemeten in water.
- **Onbekende emissies.**

### 5.2 Niet behandelde stoffen

Een aantal stoffen die wel bij de tweede prioriteit zijn ingedeeld, zijn niet behandeld in dit rapport. Het betreft de stoffen: TFT, cadmium, kwik, chroom en lood. In een later stadium zullen deze stoffen wellicht onderzocht worden.

## 6. Gegevens per bekken per stof

In de volgende paragrafen wordt per bekken en per stof vermeld welke gegevens zijn gevonden en wat de resultaten zijn. In tabellen en grafieken worden de onderlinge verhoudingen van de verschillende bronnen van waterverontreiniging duidelijk gemaakt. In de tabellen staan de bronnen van de stoffen, de emissieverklarende variabelen (EVV), de emissiefactoren (EF), de vracht naar het watersysteem en de landelijke vracht naar het oppervlaktewater. Waar geen emissiefactoren voor waren wordt de informatiebron gemeld.

### 6.1 Veerse Meer / zink

Het zinkgehalte overschrijdt in het Veerse Meer in 2 van de 8 metingen de streefwaarde in water met gemiddeld 1,3 en in 5 van de 29 metingen de streefwaarde in het sediment met gemiddeld 1,6. Het maximaal toelaatbaar risiconiveau voor zink wordt niet overschreden. Zink in het Veerse Meer heeft prioriteit 2 gekregen.

#### 6.1.1 Gegevens

De gevonden gegevens voor zink in het Veerse Meer zijn:

- gemalen
- huishoudelijk water
- dakgoten
- atmosferische depositie
- toevoer vanuit andere wateren
- wegen
- scheepvaart
- sluizen

#### 6.1.2 Resultaten

- Gemalen  
Via de gemalen komt per jaar 500 kg zink in het Veerse Meer [WZE]. Emissies uit RWZI's (Camperlandspolder en Kortgene) komen mee via de gemalen en zijn in die cijfers verrekend (bijlage 1).
- Huishoudelijk water  
Er lozen 5 woonhuizen, 15 woonschepen, 1 instructieschip en 5 kantoren rechtstreeks op het Veerse Meer [Oele, 2000]. Totaal verblijven er in de 26 panden 53 personen. De met huishoudelijk water in het Veerse Meer geloosde hoeveelheid zink is 0,3 kg/jr [CUWVO, 1997].
- Dakgoten  
Van de dakgoten van de 26 panden (zie huishoudelijk water) aan het Veerse Meer spoelt jaarlijks 1,3 kg zink rechtstreeks met het regenwater naar het oppervlaktewater.

- **Atmosferische depositie**  
Met 75 g zink/ha [RIVM, Braakman] komt jaarlijks via de atmosferische depositie 150 kg zink in het Veerse Meer (2030 ha).
- **Toevoer vanuit andere wateren**  
Vanuit het kanaal door Walcheren komt, met een netto debiet van ongeveer 27,5 miljoen m<sup>3</sup> en een gemiddelde concentratie van 24 mg/m<sup>3</sup>, gemiddeld via de sluis bij Veere 670 kg zink in het Veerse Meer [WZE].  
Via de Zandkreeksluis komt jaarlijks met ongeveer 12 miljoen m<sup>3</sup> [RWS] water en een concentratie van 1,04 mg/ m<sup>3</sup> [Donar] jaarlijks 12,5 kg zink binnen vanuit de Oosterschelde.
- **Wegen**  
Het Veerse Meer is afgesloten van de Noordzee door de Veersegatdam en van de Oosterschelde door de Zandkreekdam. De Veersegatdam heeft over de hele lengte een bermbreedte van minder dan 50 m. Daarmee valt de weg binnen de grens waarvoor geldt dat 80 % van het water met alle vervuiling direct naar het oppervlaktewater afstroomt. De Zandkreekdam is ongeveer een halve kilometer lang en heeft een brug. De brug heeft 100 % afstroom naar het oppervlaktewater, de rest van de dam 80 %.  
Van de overige wegen en parkeerplaatsen langs het water is een inventarisatie gemaakt en de verkeersintensiteit geschat (bijlage 3).  
Door het wegverkeer komt jaarlijks 0,6 kg zink rechtstreeks in het Veerse Meer. Het verzinkt metalen wegmeubilair zoals vangrail heeft een bijdrage van 2,4 kg/jr.
- **Anodes op schepen**  
Op schepen worden opofferingsanodes van zink geplaatst om corrosie tegen te gaan. Volgens het RIKZ zijn op recreatieschepen gemiddeld 2, op binnenvaartschepen 15 en op zeeschepen 25 anodes aanwezig [Deayaldeen, 1995]. De aantallen beroepsschepen op het Veerse Meer zijn berekend aan de hand van sluispassages (bijlage 4), het aantal recreatieschepen aan de hand van ligplaatsen. Van de anodes op de beroepsvaart komt jaarlijks 1,8 kg zink in het oppervlaktewater. Van de 3256 recreatieschepen [Delta, 1999] komt jaarlijks 2084 kg zink in het water.
- **Sluizen**  
Op de sluisdeuren van de Zandkreekdam zijn 118 opofferingsanodes van zink per deur aangebracht. Van deze anodes op de 8 operationele deuren komt 630 kg zink per jaar in het water (H.de Wit, Rijkswaterstaat directie Zeeland) (bijlage 5).  
Op de sluizen van de Zandkreekdam zijn de oppervlaktes van de gegalvaniseerde platen opgemeten. Er zijn geen open roosters aanwezig. Van deze 93 m<sup>2</sup> platen is ongeveer 1 kilo zink afkomstig [Orzessek, 1996].

### 6.1.3 Cijfers en grafieken

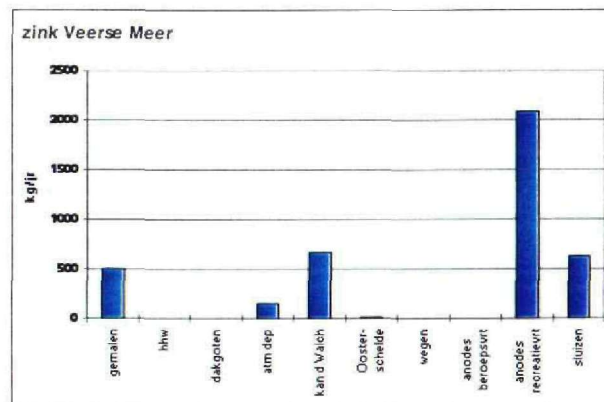
De berekende emissies van zink op het Veerse Meer zijn samengevat in tabel 2. Grafiek 1 geeft de emissie per bron weer in kg/jr. In grafiek 2 wordt de hoogste post (anodes recreatievaart) weggelaten, zodat de andere bronnen beter naar voren komen. In grafiek 3 zijn de percentages weergegeven van het aandeel dat de verschillende bronnen hebben in de belasting van het water.



Tabel 2: Input van zink vanuit diverse bronnen in Veerse Meer

bron van zink	emissieverklarende variabele (EVV)/info	emissiefactor (EF)	kg /jr direct Veerse Meer	ton /jr landelijk
gemalen	WZE	-	500	-
huishoudelijk water	aantal bewoners (53)	0,006 kg/bew.	0,3	2
dakgoten panden	aantal panden (26)	0,048 kg/pand	1,3	8
atmosferische depositie	RIVM	75 g/ha	150	9
kanaal door Walcheren	27,5 milj.m <sup>3</sup> /jr	24 mg/m <sup>3</sup>	670	2375
toevoer Oosterschelde	12 milj.m <sup>3</sup> /jr	1,04 mg/m <sup>3</sup>	12,5	"
wegen	RWS	CUWVO	3,0	22
anodes schepen	RWS/Delta 1999	0,64 - 8 kg/schip	2085,8	28
sluizen	RWS	-	631	25

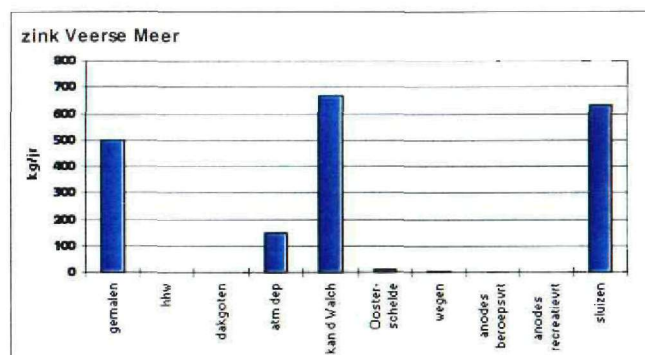
Landelijk is de aanvoer van zink via de rivieren de grootste bron voor zink. Verder zijn de RWZI's en bedrijven grote bronnen. Ook met regenwater en door riooloverstorten komt veel zink in het oppervlaktewater van Nederland. Het grootste deel van het zink in het rioolwater is afkomstig van corrosie van zinken dakgoten.



Grafiek 1: Zink in Veerse Meer.

De grootste hoeveelheden komen van de anodes van de scheepvaart. Vooral de recreatieschepen leveren veel zink.

In het Veerse Meer is het meeste zink afkomstig van de zinkanodes van recreatievaartuigen. Als de boten niet varen, liggen ze meestal in de jachthavens. Gedurende deze tijd staan de opofferingsanodes in contact met het brakke water. Ook de anodes op de sluizen staan in voortdurend contact met het brakke water. De uitloging van verzinkte delen boven water is afhankelijk van de zuurgraad van het regenwater en van de mate waarin de delen onder invloed staan van opwaaiend brak water.

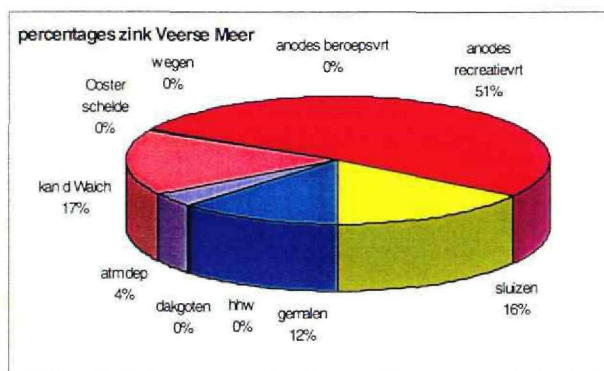


Grafiek 2: Zink in het Veerse Meer.

Als de bron recreatievaartuigen wordt weggelaten komen de andere bronnen beter tot uiting.

Het kanaal door Walcheren levert ook een flinke bijdrage in de belasting van het oppervlaktewater met zink. De emissies van de RWZI's komen via de gemalen in het Veerse Meer. Het grootste deel van het zink, dat met de gemalen meekomt, is afkomstig van

dakbedekkingen. Een kleiner deel van het zink in het water van de gemalen is afkomstig van huishoudens [WZE].



*Grafiek 3: Percentages zink in het Veerse Meer. Meer dan de helft van de zink is afkomstig van de recreatievaart. Ook het kanaal en de anodes op de sluisen hebben veel invloed op de belasting van het oppervlaktewater.*

Er ontbreken gegevens. Bijvoorbeeld de nalevering uit de onderwaterbodems is niet berekend. Er zijn in de loop van de tijd veel metalen in de bodem opgeslagen. Het RIZA heeft aangegeven dat de beschikbare modellen van deze re-emissie geen goed beeld kunnen geven. Ook zijn riooloverstorten niet berekend, evenals morsingen en dumpingen vanaf schepen en oevers. Verder zullen er nog onbekende emissies zijn.

## 6.2 Veerse Meer / arseen

Het arseengehalte in water overschrijdt in alle 8 metingen de streefwaarde met een gemiddelde factor van 6,2. De streefwaarde voor sediment en het maximaal toelaatbaar risiconiveau voor water en sediment worden niet overschreden. Arseen in het Veerse Meer heeft prioriteit 2 gekregen.

### 6.2.1 Gegevens

De gevonden gegevens voor arseen in het Veerse Meer zijn:

- gemalen
- atmosferische depositie
- toevoer vanuit andere wateren

### 6.2.2 Resultaten

- **Gemalen**  
Via de gemalen (bijlage 1) komt jaarlijks 340 kg arseen in het Veerse Meer [WZE]. De emissies van de RWZI's komen met de gemalen mee.
- **Atmosferische depositie**  
Voor het 2030 ha grote wateroppervlak van het Veerse Meer komt met 1,35 g/ha de depositie van arseen op 3 kg per jaar [RIVM, Rotterdam].



- Toevoer vanuit andere wateren

Via de sluis in de Zandkreekdijk wordt met het netto debiet van ongeveer 12 miljoen m<sup>3</sup>/jr en een concentratie van 1,65 mg/m<sup>3</sup> vanuit de Oosterschelde 19,8 kilo arseen aangevoerd [Donar].

Het netto debiet vanuit het kanaal door Walcheren bij de sluizen van Veere is ongeveer 27,5 miljoen m<sup>3</sup>/jr. Via het kanaal komt met een concentratie van 5,8 mg/m<sup>3</sup> jaarlijks 155 kg arseen in het Veerse Meer [WZE].

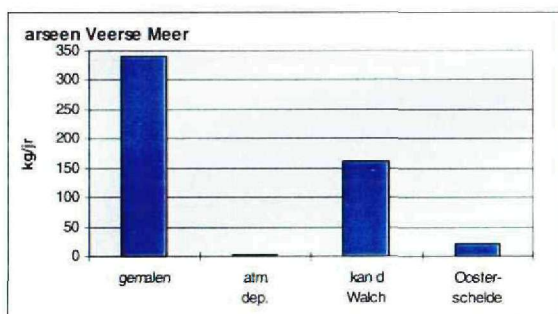
### 6.2.3 Cijfers en grafieken

De berekende emissies van arseen op het Veerse Meer zijn samengevat in tabel 3. In grafiek 4 wordt weergegeven hoeveel arseen er van de verschillende bronnen in het Veerse Meer komt. In grafiek 5 worden percentages weergegeven, waarbij van alle berekende bronnen de gemalen er duidelijk uitspringt.

Tabel 3: Input van arseen vanuit diverse bronnen in Veerse Meer

bron van arseen	emissieverklarende variabele (EVV)/info	emissiefactor (EF)	kg /jr direct Veerse Meer	ton/jr landelijk
gemalen	opgave WZE	-	340	-
atmosferische depositie	RIVM	1,35 g/ha	3	0,37
Oosterschelde	12 milj. m <sup>3</sup>	1,65 mg/m <sup>3</sup>	19,8	107
kanaal door Walcheren	27,5 milj. m <sup>3</sup>	5,8 mg/m <sup>3</sup>	155	"

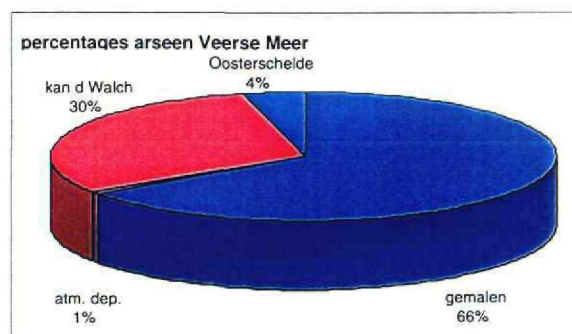
Landelijk zijn de rivieren verantwoordelijk voor de grootste aanvoer van arseen. Verder hebben de RWZI's en de industrie veel invloed in de belasting van het oppervlaktewater.



Grafiek 4: Arseen in Veerse Meer.  
De grootste hoeveelheid arseen komt via de gemalen.

In het Veerse Meer komt arseen voornamelijk in het water via de gemalen. Ook is een groot deel afkomstig uit het kanaal door Walcheren. Het water in de Oosterschelde is weinig vervuild. De toevoer via de Zandkreekdijk heeft dan ook geen grote invloed. Het grootste percentage van het arseen, dat via de gemalen in het rijksoppervlaktewater komt, is afkomstig van kwel [WZE].

Grafiek 5: Arseen in Veerse Meer.  
De gemalen hebben het grootste aandeel in de belasting van het Veerse Meer.  
Ook het kanaal heeft een grote invloed.



De re-emissie vanuit de onderwaterbodem is niet berekend, maar kan wel veel invloed hebben. De in de loop der jaren in de bodem opgeslagen arseen, kan weer beschikbaar komen door veranderde evenwichtsituaties tussen bodem en water. De beschikbare modellen geven volgens RIZA echter geen goed beeld van deze re-emissies. Van houten beschoeiingen, meerpalen e.d. kan arseen uitloggen. Van de hoeveelheden gebruikt materiaal zijn geen gegevens. Daarom zijn hier geen cijfers van berekend. Ook van riooloverstorten en van morsingen vanaf schepen en oevers zijn geen gegevens en verder zullen er nog onbekende emissies zijn.

### 6.3 Veerse Meer / TBT

Bij een meting in sediment bij Soelekerkepolder is een overschrijding van het maximaal toelaatbaar risiconiveau met factor 27 gevonden. De concentraties in water overschrijden het MTR gemiddeld met factor 24 in de jachthaven bij Veere en factor 66 in de jachthaven bij Wolfaartsdijk. TBT in het Veerse Meer heeft prioriteit 2 gekregen.

#### 6.3.1 Gegevens

De gevonden gegevens voor TBT in het Veerse Meer zijn:

- zeescheepvaart
- visserij

#### 6.3.2 Resultaten

- Zeescheepvaart

Vershillende schepen hebben hun route over het Veerse Meer van de Oosterschelde naar Middelburg en Vlissingen. Per jaar komen er ongeveer 2200 binnenvaartschepen en bijna 70 zeevaartschepen over het meer (bijlage 4). Binnenvaartschepen gebruiken geen TBT. De zeevaartschepen brengen 0,3 kg TBT in het oppervlaktewater.

- Visserij

Op het Veerse Meer zijn 3 palingvissers actief. In het vorige rapport [Oele, 2000] is voor koperemissies een berekening gemaakt van de oppervlaktes van de schepen. Met een emissie van  $1 \mu\text{g}$  per  $\text{cm}^2$  per dag brengen de vissersboten ongeveer 1 kg TBT jaarlijks in het oppervlaktewater van het Veerse Meer (bijlage 4).

#### 6.3.3 Cijfers en grafieken

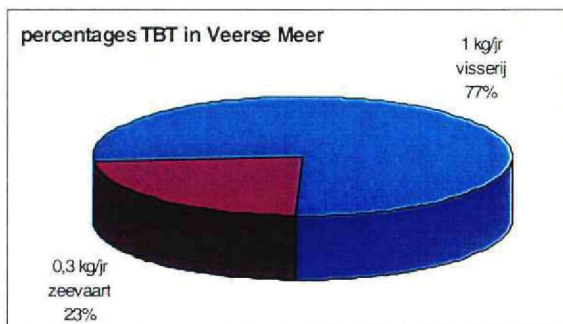
De berekende emissies van TBT op het Veerse Meer zijn samengevat in tabel 3. In grafiek 6 worden de bronnen grafisch weergegeven.

Tabel 4: Input van TBT vanuit diverse bronnen in Veerse Meer

bron van TBT	emissieverklarende variabele (EVV)/info	emissiefactor (EF)	kg /jr direct Veerse Meer	ton/jr landelijk
zeevaartschepen	RWS	bijlage 4	0.3	17,8
vissersboten	RWS	bijlage 4	1	"

In Nederland en wereldwijd wordt de scheepvaart aangemerkt als de bron voor TBT. In 1970 is de TBT-houdende antifouling op de markt geïntroduceerd. Binnen tien jaar werd duidelijk, dat

TBT toxische effecten op het milieu heeft. Sinds 1990 is een EU-verbod van kracht op het gebruik van deze antifouling op schepen korter dan 25 meter. Op grotere schepen wordt nog op grote schaal TBT gebruikt. Zeeschepen varen de meeste tijd op zout water, waar zich veel aangroei voordoet. De binnenvaartschepen varen de meeste tijd op zoet water, waar minder aangroei voorkomt. Op deze schepen wordt over het algemeen goedkopere coatings gebruikt.



Grafiek 6: TBT in Veerse Meer.

*De vissersboten leveren de grootste bijdrage. Er komen niet veel zeeschepen op het Veerse Meer.*

Op het Veerse Meer varen de zeeschepen gemiddeld in iets meer dan een uur van de Zandkreeksluis naar de sluis bij Veere of vice versa. Ze bevinden zich dus slechts gedurende een korte periode op het Veerse Meer.

Vissers bevinden zich gedurende het seizoen meestentijds op het meer. Buiten het seizoen bevinden ze zich in de havens. Zodoende staat de scheepshuid van de vissersschepen voortdurend in contact met het water. Op het Veerse Meer varen slechts 3 vissersschepen. Dat deze toch een grote bijdrage leveren aan de totale belasting van TBT geeft aan dat de overige berekende bronnen nog minder bijdragen aan de belasting van TBT en dat de overschrijding van de normen wellicht gezocht moet worden in bronnen, die in dit rapport nog niet berekend zijn.

TBT wordt niet of nauwelijks in water gemeten, daarom zijn er geen gegevens over toevoer vanuit andere wateren. Ook zijn er geen gegevens van atmosferische depositie, gemalen, RWZI's, overstort en uitwisseling met de bodem. Verder zullen er nog andere onbekende emissies zijn.

## 6.4 Grevelingenmeer / arseen

Het arseengehalte overschrijdt in alle vijf metingen de streefwaarde in water met een gemiddelde factor van 3. In het sediment wordt arseen wel aangetoond maar de streefwaarde wordt niet overschreden. Het maximaal toelaatbaar risiconiveau wordt niet overschreden.

Arseen in het Grevelingenmeer heeft prioriteit 2 gekregen.

### 6.4.1 Gegevens

De gegevens voor arseen in het Grevelingenmeer zijn:

- gemalen
- atmosferische depositie
- toevoer vanuit andere wateren



## 6.4.2 Resultaten

- **Gemalen**

Via de gemalen (bijlage 1) aan de zuidzijde van het Grevelingenmeer wordt per jaar 77 kg arseen in het water gebracht. Dit is inclusief de emissies uit de RWZI's [WZE]. Aan de noordzijde zijn geen RWZI's die op het oppervlaktewater lozen. Van de gemalen aan de noordzijde zijn geen gegevens over arseengehaltes gekomen.

Aangezien de emissies uit de RWZI's slechts 3,9 % bedraagt en gezien het feit, dat voor fosfor de emissie aan de noordzijde ongeveer gelijk is aan de emissie aan de zuidzijde [Oele, 2000], wordt aangenomen, dat de emissie voor arseen voor de gemalen aan beide zijden kan worden verdubbeld. Er wordt daarom met een totale emissie van 155 kilo gerekend.

- **Atmosferische depositie**

Met 1,35 g/ha/jr [RIVM, Rotterdam] op het 10800 ha grote wateroppervlak, komt de atmosferische depositie voor het Grevelingenmeer neer op 14,6 kg arseen per jaar.

- **Toevoer vanuit andere wateren**

Via de Grevelingsluis komt met een debiet van ruim 3 miljoen m<sup>3</sup> [RWS] en een concentratie van 1,65 mg/m<sup>3</sup> [Donar], ongeveer 5 kg arseen vanuit de Oosterschelde.

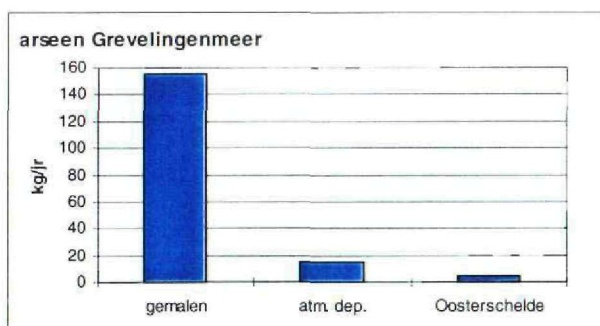
## 6.4.3 Cijfers en grafieken

De berekende emissies van arseen op het Grevelingenmeer zijn samengevat in tabel 5. In grafiek 7 worden de bronnen grafisch weergegeven. In grafiek 8 worden de percentages weergegeven van de invloed die de bronnen hebben op de belasting van het water.

Tabel 5: Input van arseen vanuit diverse bronnen in Grevelingenmeer

bron van arseen	emissieverklarende variabele (EVV)/info	emissiefactor (EF)	kg /jr direct Grevelingenmeer	ton /jr landelijk
gemalen	WZE	-	155	-
atmosferische depositie	RIVM	1,35 g/ha	14,58	0,37
Oosterschelde	3 milj. m <sup>3</sup>	1,65 mg/ m <sup>3</sup>	5,22	107

Landelijk zijn de rivieren verantwoordelijk voor de grootste aanvoer van arseen. Verder hebben de RWZI's en de industrie veel invloed in de belasting van het oppervlaktewater.

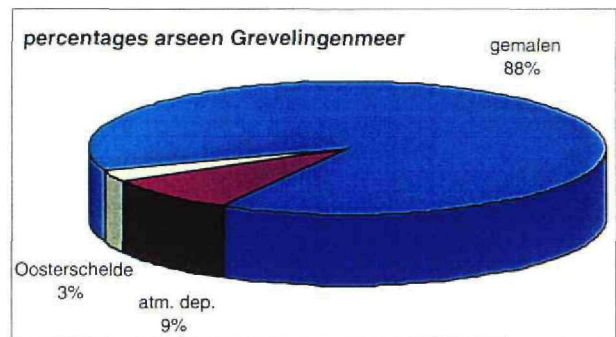


Grafiek 7: Arseen in Grevelingenmeer.  
De grootste hoeveelheden arseen komen via de gemalen in het Grevelingenmeer.

In het Grevelingenmeer komt de grootste belasting met arseen door de gemalen. Uit de RWZI's (Brouwershaven en Dreischor) komt 3 kg arseen in het polderwater. Dit komt via de gemalen Dreischor en Den Osse aan de zuidzijde van de Grevelingen mee. De vracht van de RWZI's

worden meegenomen in de cijfers van de gemalen. De geschatte hoeveelheden polderwater van de Zuid-Hollandse eilanden worden geloosd via de gemalen Kilhaven, De Drie Polders en Battenoord.

*Grafiek 8: Percentages arseen in het Grevelingenmeer. De gemalen hebben de grootste invloed op de belasting van het Grevelingenmeer.*



De Oosterschelde is relatief schoon, de invloed van het Oosterscheldewater op het Grevelingenmeer is daarom klein. Het grootste percentage van het arseen, dat via de gemalen in het rijksoppervlaktewater komt, is afkomstig van kwel [WZE].

De re-emissie vanuit de onderwaterbodem is niet berekend, maar kan wel veel invloed hebben.

De in de loop der jaren in de bodem opgeslagen arseen, kan weer beschikbaar komen door veranderde evenwichtsituaties tussen bodem en water. De beschikbare modellen geven volgens het RIKZ echter geen goed beeld van deze re-emissies. Van houten beschoeiingen, meerpalen e.d. kan arseen uitloggen. Van de hoeveelheden gebruikt materiaal zijn geen gegevens. Daarom zijn hier geen cijfers van berekend. Ook van riooloverstorten en van morsingen vanaf schepen en oevers zijn geen gegevens en verder zullen er nog onbekende emissies zijn.

## **6.5 Grevelingenmeer / TBT**

In alle havens van het Grevelingenmeer wordt het maximaal toelaatbaar risiconiveau in het water overschreden. De overschrijdingsfactoren lopen uiteen van 15 tot 7210. TBT in het Grevelingenmeer heeft prioriteit 2 gekregen.

### **6.5.1 Gegevens**

De gevonden gegevens voor in het Grevelingenmeer zijn:

- zeescheepvaart
- visserij

### **6.5.2 Resultaten**

- **Zeescheepvaart**

De 15 kleine zeevaartschepen die het Grevelingenmeer opvaren moeten via dezelfde route terug. Er zijn geen grote zeeschepen door de sluis gekomen, alleen kleinere schepen. De 15 kleine zeeschepen die jaarlijks de sluis passeren leveren een bijdrage van 0,05 kg TBT per jaar (bijlage 4). Binnenvaartschepen hebben geen TBT-houdende verven.



- Visserij

Op het Grevelingenmeer zijn 2 schelpdiervissers, 7 palingvissers en 3 sportvissers actief. In het rapport van Oele [2000] is voor koperemissies een berekening gemaakt van de oppervlaktes van de schepen. Met een emissie van 1 µg per cm<sup>2</sup> per dag brengen deze vissersboten ongeveer 6 kg TBT jaarlijks in het oppervlaktewater van het Grevelingenmeer (bijlage 4). Vissersboten gebruiken in steeds mindere mate TBT.

### 6.5.3 Cijfers en grafieken

De berekende emissies van TBT op het Grevelingenmeer zijn samengevat in tabel 6. In grafiek 9 worden de bronnen voor TBT in het Grevelingenmeer weergegeven.

Tabel 6: Input van TBT vanuit diverse bronnen in Grevelingenmeer

bron van TBT	emissieverklarende variabele (EVV)/info	emissiefactor (EF)	kg /jr direct Grevelingenmeer	ton /jr netto landelijk
zeevaartschepen	RWS	bijlage 4	0,05	17,8
vissersboten	RWS	bijlage 4	6,1	"

In Nederland en wereldwijd wordt de scheepvaart aangemerkt als de bron voor TBT. In 1970 is de TBT-houdende antifouling op de markt geïntroduceerd. Binnen tien jaar werd duidelijk, dat TBT toxische effecten op het milieu heeft. Sinds 1990 is een EU-verbod van kracht op het gebruik van deze antifouling op schepen korter dan 25 meter. Op grotere schepen wordt nog op grote schaal TBT gebruikt. Zeeschepen varen de meeste tijd op zout water, waar zich veel aangroei voordoet. De binnenvaartschepen varen de meeste tijd op zoet water, waar minder aangroei voorkomt, en gebruiken over het algemeen goedkopere coatings.



Grafiek 9: TBT in Grevelingenmeer.  
De grootste hoeveelheden TBT komen van de vissersboten.

In het Grevelingenmeer hebben de twaalf vissersboten door hun langdurige aanwezigheid een grotere invloed op de belasting van het oppervlaktewater dan de vijftien zeeschepen die jaarlijks door de Grevelingensluis varen. De invloed van de vissersschepen is de afgelopen jaren al verminderd. Omdat in een convenant overeengekomen is om vanaf 1 januari 2000 geen nieuwe TBT-houdende coatings meer aan te brengen, zal in de toekomst deze invloed nog verder afnemen.

De bodem heeft vooral in de havens veel TBT opgeslagen. Onder invloed van licht en in aanwezigheid van zuurstof breekt TBT af tot dibutyltin en monobutyltin. In slibrijk water zoals havens verloopt deze afbraak zeer langzaam [Kortlandt, 1998]. Onderwaterbodems kunnen door re-emissies door bijvoorbeeld baggeractiviteiten weer belangrijke bronnen van vervuiling vormen. TBT wordt niet of nauwelijks in water gemeten, daarom zijn er geen gegevens over toevoer vanuit andere wateren. Ook zijn er geen gegevens van atmosferische depositie, gemalen, RWZI's en overstort. Verder zullen er nog andere onbekende emissies zijn.



## 6.6 Grevelingenmeer / PCB's

Er zijn geen normen voor PCB-concentraties in water. In het Grevelingenmeer wordt in het sediment zowel de streefwaarde (SW) als het maximaal toelaatbaar risiconiveau (MTR) overschreden. Bijvoorbeeld PCB28 overschrijdt de SW in 5 van de 23 metingen met een gemiddelde factor van 3,2 en het MTR in 1 meting met 1,3 en PCB52 overschrijdt de SW in 3 van de 23 metingen met een gemiddelde factor van 4,8 en het MTR 1 maal met 1,5. Voor de andere PCB's is het MTR gelijk aan de SW. Het MTR wordt ook meerdere malen overschreden door de PCB's 101, 118, 138 en 153. PCB's in het Grevelingenmeer hebben prioriteit 2 gekregen.

### 6.6.1 Gegevens

Er zijn in verschillende jaren verschillende analysemethoden gebruikt. Hierdoor zijn de cijfers uit de literatuur moeilijk te vergelijken. In dit rapport worden waar mogelijk waarden gebruikt uitgedrukt in som7PCB's. Dit zijn PCB's 28, 52, 101, 118, 138, 153, en 180. Soms wordt som6PCB's gebruikt, hieruit ontbreekt PCB's 118.

De gevonden gegevens voor PCB's in het Grevelingenmeer zijn:

- huishoudelijk water
- atmosferische depositie
- toevoer vanuit andere wateren

### 6.6.2 Resultaten

- Huishoudelijk water  
Huishoudens lozen 1,8 mg som6PCB's per persoon per jaar (RIZA). De drie panden worden bewoond door 6 personen [Oele, 2000]. Van het huishoudelijk water van de 6 bewoners komt 0,00001 kg PCB's in het oppervlaktewater van het Grevelingenmeer.
- Atmosferische depositie  
In het SPEED-rapport wordt een depositiefactor gebruikt van 0,316 g totaal PCB's/ha/jr [Raad, 1993]. Dit komt overeen met 0,19 g som7PCB's/ha/jr. Daarmee komt de depositie voor het Grevelingenmeer (10800 ha) op 2,1 kg.  
TNO heeft depositie berekend met het model EUTREND. De cijfers van SPEED en TNO liggen in dezelfde orde van grootte.
- Toevoer vanuit andere wateren  
Met het debiet van 3.153.600 m<sup>3</sup> per jaar door de sluis in de Grevelingendam en een concentratie van 0,1 mg/m<sup>3</sup> komt vanuit de Oosterschelde ongeveer 0,3 kg PCB's per jaar in het Grevelingenmeer.

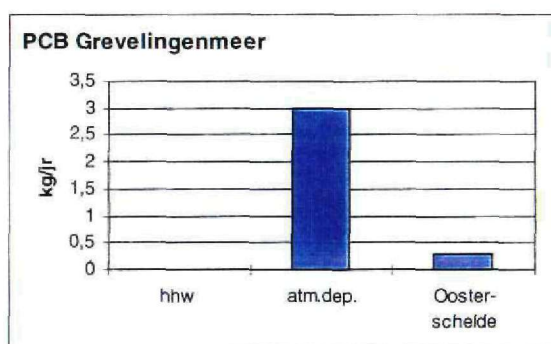
### 6.6.3 Cijfers en grafieken

De berekende emissies van PCB's staan samengevat in tabel 7. In grafiek 10 staan de bronnen van PCB's in het Grevelingenmeer weergegeven. In grafiek 11 blijkt hoe groot de percentages zijn, die via de verschillende bronnen in het Grevelingenmeer terecht komen.

Tabel 7: Input van PCB's vanuit diverse bronnen in Grevelingenmeer

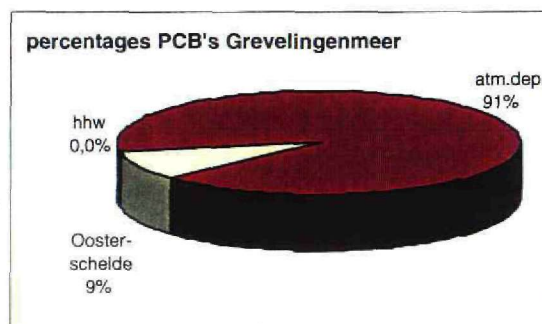
bron van PCB's	emissieverklarende variabele (EVV)	emissiefactor (EF)	kg /jr	kg /jr landelijk
huishoudelijk water	aantal bewoners (6)	1,8 mg/bew.	0,00001	0-1,7
atmosferische depositie	SPEED	0,19 g/ha	2,1	-
Oosterschelde	3.153.600 m <sup>3</sup> /jr	0,1 mg/m <sup>3</sup>	0,3	270

Van emissies van PCB's zijn veel verschillende cijfers. De PCB's wordt op verschillende manieren gemeten en weergegeven. Per congeener, als som 6 PCB's, als som 7 PCB's, als totaal PCB's en ook zonder aanduiding om welke PCB's het gaat. Dit geeft grote onzekerheden in de berekeningen. De cijfers die hier gegeven zijn, moeten dan ook worden gezien als een schatting. In het SPEED-rapport uit 1993 [Raad, 1993] geven de schrijvers aan dat de verschillende gevonden metingen moeilijk met elkaar te vergelijken zijn. Landelijk is de toevoer vanuit de rivieren de grootste bron voor PCB's. PCB's lossen slecht op in water. De cijfers voor atmosferische depositie behelzen dan ook bijna uitsluitend droge depositie.



Grafiek 10: PCB's in Grevelingenmeer, de grootste hoeveelheden komen via de atmosferische depositie

In het Grevelingenmeer heeft de atmosferische depositie de grootste invloed op de belasting van het oppervlaktewater met PCB's. Het Oosterscheldewater is relatief schoon, de toevoer via de Grevelingensluis valt daarom mee. Het cijfer voor huishoudelijk water bevat alleen de directe lozingen.



Grafiek 11: Percentages PCB's Grevelingenmeer. Atmosferische depositie heeft de grootste invloed op de belasting van het Grevelingenmeer.

Re-emissie uit de onderwaterbodem en riooloverstorten zijn niet berekend en ook ontbreken cijfers van emissies via gemalen.

## 6.7 Oosterschelde / zink

In het water en het sediment van de Oosterschelde worden geen normen voor zink overschreden, in het zwevend stof wordt in 3 van de 19 metingen de SW met een gemiddelde factor van 1,2 overschreden. Zink in de Oosterschelde heeft prioriteit 2 gekregen.

## 6.7.1 Gegevens

De gegevens voor zink in de Oosterschelde zijn:

- gemalen
- RWZI's
- huishoudelijk water
- atmosferische depositie
- toevoer vanuit andere wateren
- wegen
- anodes beroepsvaart
- anodes recreatievaart
- sluizen

## 6.7.2 Resultaten

- **Gemalen**  
Via de 11 gemalen (bijlage 1) wordt 2073 kg zink/jr vanuit de polders naar de Oosterschelde afgevoerd [WZE].
- **RWZI's**  
De RWZI's Mastgat en Westenschouwen (bijlage 2) brengen na zuivering van het afvalwater nog 247 kg zink in het oppervlaktewater van de Oosterschelde [WZE].
- **Huishoudelijk water**  
Met het huishoudelijk water, dat direct wordt geloosd vanuit 3 woningen en een restaurant [Oele, 2000], komt 0,2 kg het oppervlaktewater van de Oosterschelde [CUWVO, 1997].
- **Dakgoten**  
Van de dakgoten van de 4 panden (zie huishoudelijk water) aan de Oosterschelde spoelt met het regenwater 0,3 kg zink [CUWVO, 1997] naar het oppervlaktewater.
- **Atmosferische depositie**  
Op het wateroppervlak ( $400 \text{ km}^2$ ) van de Oosterschelde komt met de atmosferische depositie van 75 g/ha [RIVM, Braakman] jaarlijks 3004 kg zink terecht.
- **Toevoer vanuit andere wateren**  
Via de Krammersluizen wordt bij een debiet van 270 miljoen  $\text{m}^3$  [RWS] en een concentratie van  $14,5 \text{ mg/m}^3$  [Donar], per jaar ongeveer 3900 kg zink aangevoerd vanuit het Volkerak.
- **Wegen**  
De Oosterschelde is gedeeltelijk afgesloten van de Noordzee door de Oosterscheldekering. Deze kering wordt gesloten bij extreem hoge waterstanden. De helft van deze kering heeft 100% afstroom naar het water, de andere helft heeft 80% afstroom. Aan de oostzijde wordt de Oosterschelde gescheiden van het Markiezaatsmeer (en de Schelde-Rijnverbinding) door de Oesterdam. Deze dam heeft 100 % afstroom naar het water. In het midden wordt de Oosterschelde overbrugd door de Zeelandbrug. De 5 km van deze brug heeft eveneens 100 % afstroom naar het water. De wegen langs de oevers stromen voor 80 % direct naar het water af. Het wegverkeer over de kering, de brug, de dam en op de wegen langs de oevers zorgen met elkaar voor een jaarlijkse emissie van 5,3 kg zink naar het oppervlaktewater van de Oosterschelde. Het wegmeubilair levert ruim 34 kg zink.

Van de wegen en dammen en bruggen (bijlage 3) is totaal ongeveer 39 kg zink afkomstig.

- Anodes schepen

Op schepen worden opofferingsanodes van zink geplaatst om corrosie tegen te gaan. Volgens het RIKZ zijn op recreatieschepen gemiddeld 2, op binnenvaartschepen 15 en op zeeschepen 25 anodes aanwezig [Deayaldeen, 1995]. De aantallen beroepsschepen op het Veerse Meer zijn berekend aan de hand van sluispassages (bijlage 4), het aantal recreatieschepen aan de hand van ligplaatsen. Van de anodes van de binnenvaartschepen komt jaarlijks 161 kg zink en van de zeeschepen 11 kg. Totaal is de zinkemissie van de anodes van de beroepsvaart 172 kg per jaar.

De anodes van de 1909 recreatieschepen leveren jaarlijks 1222 kg zink.

- Sluizen

De sluizen en de stormvloedkering zijn voorzien van zinkanodes en verzinkte roosters. De cijfers van de anodes zijn verstrekt door RWS, evenals de informatie over de Oosterscheldekering. De zinkemissie van de anodes op de sluizen is 3296 kg per jaar en van de roosters op de 65 pijlers van de Oosterscheldekering komt met  $9 \text{ g/m}^2$  [Orzessek, 1996] ongeveer 16 kg. Totaal komt jaarlijks 3312 kg zink van de sluizen en kering.

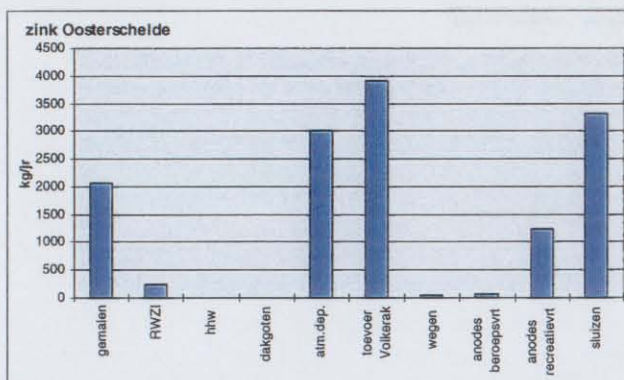
### 6.7.3 Cijfers en grafieken

De berekende emissies van zink op de Oosterschelde zijn samengevat in tabel 8. Grafiek 12 geeft de emissie per bron weer in kg/jr. In grafiek 13 wordt de hoogste posten (atmosferische depositie, toevoer vanuit het Volkerak en sluizen) weggelaten, zodat de andere bronnen beter naar voren komen. In grafiek 14 zijn de percentages weergegeven van het aandeel dat de verschillende bronnen hebben in de belasting van het water.

Tabel 8: Input van zink vanuit diverse bronnen in Oosterschelde

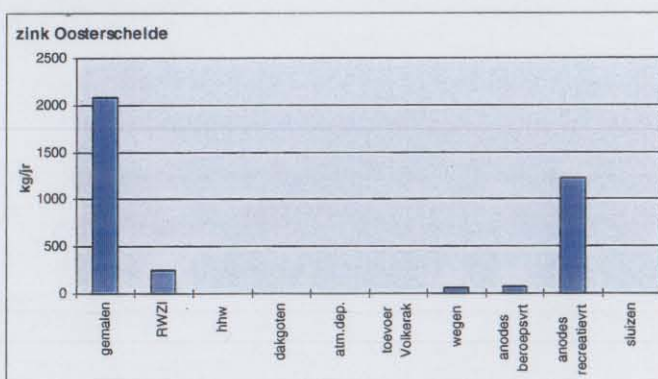
bron van zink	emissieverklarende variabele (EVV)/info	emissiefactor (EF)	kg/jr direct Oosterschelde	ton/jr landelijk
gemalen	WZE	-	2073	-
RWZI's	WZE	-	247	-
huishoudelijk water	aantal bewoners (28)	0,006 kg/bew.	0,2	2
dakgoten	aantal panden (4)	0,048 kg/pand	0,3	8
atmosferische depositie	RIVM	75 g/ha	3004	9
toevoer Volkerak	270 milj. $\text{m}^3/\text{jr}$	$14,5 \text{ mg/m}^3$	3900	2375
wegen	RWS	-	39	22
anodes beroepsvaart	RWS	4,8-8 kg/schip	172	28
anodes recreatievaart	Delta 1999	0,64 kg/schip	1222	"
sluizen	RWS	-	3312	25

Landelijk is de aanvoer vanuit rivieren de grootste leverancier van zink naar de Nederlandse oppervlaktewateren. Verder zijn RWZI's en bedrijven grote bronnen voor zink. Het grootste deel van het zink in het rioolwater is afkomstig van corrosie van zinken dakgoten.



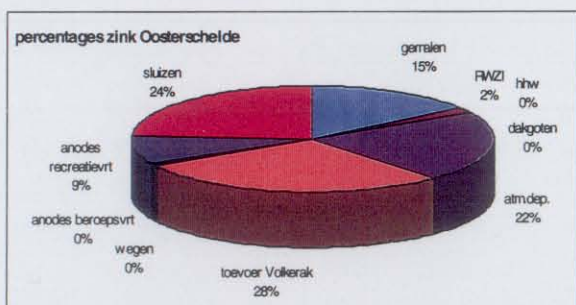
Grafiek 12: Zink in Oosterschelde,  
De grootste hoeveelheden zink komen vanuit het  
Volkerak, via atmosferische depositie en van de  
sluizen.

Ook in de Oosterschelde is de aanvoer via andere wateren de grootste bron voor zink. Daarnaast zijn de atmosferische depositie en de sluizen grote bronnen.



Grafiek 13: Zink in de Oosterschelde.  
Na het weglaten van de bronnen atmosferische  
depositie, de toevoer vanuit het Volkerak en de  
sluizen, komen de andere bronnen beter tot  
uiting.

Via de gemalen komt een grote hoeveelheid zink naar de Oosterschelde. Het grootste aandeel van deze lozing komt van zinken dakgoten in het afwateringsgebied en gedeeltelijk van de huishoudens [WZE].



Grafiek 14: percentages zink in de Oosterschelde.  
De drie grootste bronnen: atmosferische depositie, de  
toevoer vanuit het Volkerak en de sluizen zijn samen  
verantwoordelijk voor 74 % van de belasting van de  
Oosterschelde met zink.

De recreatieschepen hebben een grotere invloed dan de beroepsvaartschepen, doordat ze gedurende bijna het hele jaar aanwezig zijn. De beroepsvaartschepen varen naar hun bestemming vice versa en zijn slechts gedurende korte tijd aanwezig op de Oosterschelde. Er ontbreken gegevens. Bijvoorbeeld de nalevering uit de onderwaterbodems is niet berekend. Er zijn in de loop van de tijd veel metalen in de bodem opgeslagen. Het RIKZ heeft aangegeven dat de beschikbare modellen van deze re-emissie geen goed beeld kunnen geven. Ook zijn riooloverstorten niet berekend, evenals morsingen en dumpingen vanaf schepen en oevers. Verder zullen er nog onbekende emissies zijn.



## 6.8 Oosterschelde / arseen

Het arseengehalte in het water van de Oosterschelde overschrijdt in 26 van de 33 metingen de SW met een gemiddelde factor van 1,8. Het MTR wordt niet overschreden. De gehalten in het sediment en zwevend stof overschrijden geen normen. Arseen in de Oosterschelde heeft prioriteit 2 gekregen.

### 6.8.1 Gegevens

De gegevens voor arseen in de Oosterschelde zijn:

- gemalen
- RWZI's
- atmosferische depositie
- toevoer vanuit andere wateren

### 6.8.2 Resultaten

- **Gemalen**  
Via de 11 gemalen (bijlage 1) wordt 498 kg arseen per jaar vanuit de polders naar de Oosterschelde afgevoerd [WZE].
- **RWZI's**  
De RWZI's Mastgat en Westenschouwen (bijlage 2) brengen na zuivering van het afvalwater nog 10 kg arseen in het oppervlaktewater van de Oosterschelde [WZE].
- **Atmosferische depositie**  
Met de atmosferische depositie van 1,35 g As/ha komt 54 kg arseen op het wateroppervlak (400 km<sup>2</sup>) van de Oosterschelde [RIVM, Rotterdam].
- **Toevoer vanuit andere wateren**  
Het arseengehalte is in 1990 vijf maal in het water van het Volkerak bij Steenbergem gemeten en in 1992 drie maal in zwevend stof (Donar). Het gehalte in water kwam gemiddeld op 1,76 mg/m<sup>3</sup> bij een debiet van 226 miljoen m<sup>3</sup>, het gehalte in zwevend stof kwam gemiddeld op 18 mg/kg (0,09 mg/m<sup>3</sup>) bij een debiet van 280 miljoen m<sup>3</sup>. De vracht kwam daarmee in 1990 uit water op 398 kg en in 1992 uit zwevend stof op 25 kg. Voor de totale jaarlijkse vracht in water en zwevend stof wordt op basis van deze gegevens 423 kg aangenomen.

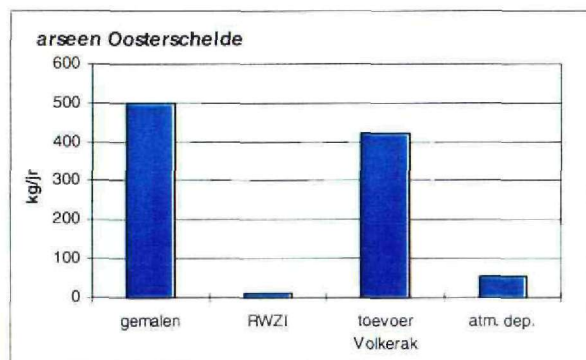
### 6.8.3 Cijfers en grafieken

De berekende emissies van arseen op de Oosterschelde zijn samengevat in tabel 9. In grafiek 15 wordt weergegeven hoeveel arseen er van de verschillende bronnen in het oppervlaktewater van de Oosterschelde komt. In grafiek 16 worden de percentages weergegeven.

Tabel 9: Input van arseen vanuit diverse bronnen in Oosterschelde

bron van arseen	emissieverklarende variabele (EVV)/infor	emissiefactor (EF)	kg/jr direct Oosterschelde	ton/jr landelijk
gemalen	WZE	-	498	
RWZI's	WZE	-	10	
atmosferische depositie	RIVM	1,35 g/ha	54	0,37
toevoer Volkerak	Donar	18 mg/kg-1,76 mg/m <sup>3</sup>	423	107

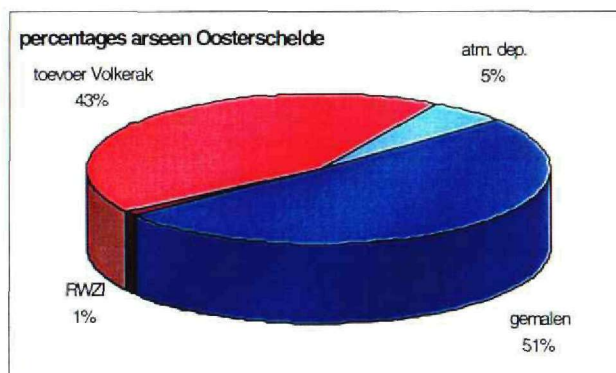
Landelijk zijn de rivieren verantwoordelijk voor de grootste aanvoer van arseen. Verder hebben de RWZI's en de industrie veel invloed in de belasting van het oppervlaktewater.



Grafiek 15: Arseen in Oosterschelde, de grootste hoeveelheden arseen komen via de Krammersluizen uit het Volkerak en de gemalen in de Oosterschelde

In de Oosterschelde zijn de gemalen en de toevoer via de Krammersluizen de grootste bronnen. Er moet rekening gehouden worden met het feit dat het cijfer van de toevoer via de Krammersluizen is gebaseerd op summiere gegevens. Het water dat via de Krammersluizen binnenkomt is via de Volkerak afkomstig van de rivieren Maas, Waal en Rijn. Het grootste percentage van het arseen, dat via de gemalen in het rijksoppervlaktewater komt, is afkomstig van kwel [WZE].

De re-emissie vanuit de onderwaterbodem is niet berekend, maar kan wel veel invloed hebben. De in de loop der jaren in de bodem opgeslagen arseen, kan weer beschikbaar komen door veranderde evenwichtsituaties tussen bodem en water. De beschikbare modellen geven volgens het RIKZ echter geen goed beeld van deze re-emissies. De achtergrondwaarden van arseen in de Zeeuwse zoute wateren is hoog door een hoog gehalte van nature in de bodem.



Grafiek 16: Percentages arseen in de Oosterschelde.

De toevoer vanuit het Volkerak en de gemalen zijn samen verantwoordelijk voor 94 % van de belasting van het water met arseen.

Ook van riooloverstorten en van morsingen vanaf schepen en oevers zijn geen gegevens. Van houten beschoeiingen, meerpalen e.d. kan arseen uitloggen. Van de hoeveelheden gebruikt materiaal zijn geen gegevens. Daarom zijn ook hier geen cijfers van berekend. Verder zullen er nog onbekende emissies zijn.

## 6.9 Oosterschelde / TBT

Voor TBT-gehalten zijn vrijwel alleen metingen gedaan in een aantal havens. In de metingen die in open water zijn gedaan is geen TBT aangetoond. In alle havens overschrijden de concentraties in water het MTR met overschrijdingsfactoren van 22 tot 2400, behalve in de haven van Neeltje Jans. Daar is de streefwaarde in 1 meting overschreden met een factor 10. In het sediment is in alle 11 metingen het MTR overschreden met een gemiddelde factor van 2533. TBT in de Oosterschelde heeft prioriteit 2 gekregen.

### 6.9.1 Gegevens

De gevonden gegevens voor TBT in de Oosterschelde zijn:

- zeescheepvaart
- visserij

### 6.9.2 Resultaten

- Zeescheepvaart  
Een paar duizend voornamelijk kleinere zeeschepen hebben hun route over de Oosterschelde, waarbij de grootste aantallen via de Roompotsluis komen en een paar honderd doorvaren richting rivieren door de Krammersluizen. Deze schepen leveren ongeveer 30 kg TBT op jaarbasis (bijlage 4).
- Visserij  
Op de Oosterschelde zijn 150 schelpdiervissers en 30 sportvissers actief. In het rapport van Oele [2000] is voor koperemissies een berekening gemaakt van de oppervlaktes van de schepen. Met een emissie van 1 µg TBT per cm<sup>2</sup> per dag brengen deze vissersboten ongeveer 180 kg TBT jaarlijks in het oppervlaktewater van de Oosterschelde (bijlage 4).

### 6.9.3 Cijfers en grafieken

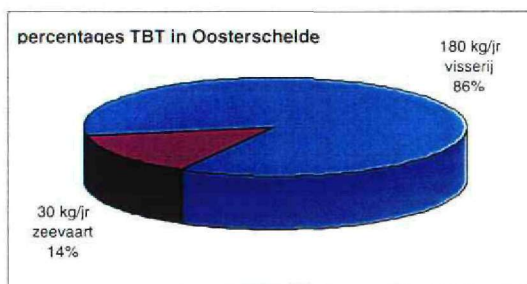
De berekende emissies van zijn samengevat in tabel 10. In grafiek 17 zijn de bronnen voor TBT in de Oosterschelde grafisch weergegeven.

Tabel 10: Input van TBT vanuit diverse bronnen in Oosterschelde

bron van TBT	emissieverklarende variabele (EVV)/info	emissiefactor (EF)	kg /jr direct Oosterschelde	ton /jr landelijk
zeevaartschepen	RWS	bijlage 4	30	17,8
vissersboten	RWS	bijlage 4	180	"

In Nederland en wereldwijd wordt de scheepvaart aangemerkt als de bron voor TBT. In 1970 is de TBT-houdende antifouling op de markt geïntroduceerd. Binnen tien jaar werd duidelijk, dat TBT toxische effecten op het milieu heeft. Sinds 1990 is een EU-verbod van kracht op het gebruik van deze antifouling op schepen korter dan 25 meter. Op grotere schepen wordt nog op grote schaal TBT gebruikt. Zeeschepen varen de meeste tijd op zout water, waar zich veel aangroei voordoet. De binnenvaartschepen varen de meeste tijd op zoet water, waar minder aangroei voorkomt, en gebruiken over het algemeen goedkopere coatings.





Grafiek 17: TBT in Oosterschelde, de grootste hoeveelheden komen van de vissersboten.

Op de Oosterschelde hebben de vissersboten de grootste invloed op de belasting van het oppervlaktewater. De invloed van de vissersschepen is de afgelopen jaren al verminderd. Omdat in een convenant overeengekomen is om vanaf 1 januari 2000 geen nieuwe TBT-houdende coatings meer aan te brengen, zal in de toekomst deze invloed nog verder afnemen. De bodem heeft vooral in de havens veel TBT opgeslagen. Onder invloed van licht en in aanwezigheid van zuurstof breekt TBT af tot dibutyltin en monobutyltin. In slibrijk water zoals havens verloopt deze afbraak zeer langzaam [Kortlandt, 1998].

Onderwaterbodems kunnen door re-emissies door bijvoorbeeld baggeractiviteiten weer belangrijke bronnen van vervuiling vormen. TBT wordt niet of nauwelijks in water gemeten, daarom zijn er geen gegevens over toevoer vanuit andere wateren. Ook zijn er geen gegevens van atmosferische depositie, gemalen, RWZI's en overstort. Verder zullen er nog andere onbekende emissies zijn.

## 6.10 Oosterschelde / PCB's

Concentraties PCB's boven de detectiegrens werden in open water in de Oosterschelde niet aangetoond. Voor PCB in water zijn geen normen gesteld. In zwevend stof overschrijden de concentraties PCB28 in 12 van de 22 metingen de streefwaarde met een gemiddelde factor van 4,6 en in zeven metingen ook het MTR met een gemiddelde factor van 1,7. De concentraties PCB52 overschrijden in 6 van de 19 metingen de streefwaarde met een gemiddelde factor van 5,8 en in 5 metingen ook het MTR met een gemiddelde factor van 1,6. Ook de andere PCB's (101, 118, 138, 153 en 180, waarvoor geldt: MTR = SW) overschrijden het MTR in veel metingen. In het sediment werd het MTR niet overschreden door PCB's 28 en 52, wel in een aantal metingen door PCB's 101, 118, 138, 153 en 180. PCB's in de Oosterschelde hebben prioriteit 2 gekregen.

### 6.10.1 Gegevens

Er zijn in verschillende jaren verschillende analysemethoden gebruikt. Hierdoor zijn de cijfers uit de literatuur moeilijk te vergelijken. In dit rapport worden waar mogelijk waarden gebruikt uitgedrukt in som7PCB's. Dit zijn PCB's 28, 52, 101, 118, 138, 153, en 180. Soms wordt som6PCB's gebruikt, hieruit ontbreekt PCB118.

De gevonden gegevens voor de PCB's in het Oosterschelde zijn:

- RWZI's
- huishoudelijk water
- atmosferische depositie
- toevoer vanuit andere wateren

## 6.10.2 Resultaten

- RWZI's

De RWZI's Mastgat en Westenschouwen (bijlage 2) brengen, na zuivering, nog 10 gram som7PCB's in het oppervlaktewater van de Oosterschelde. De andere RWZI's lozen indirect en die emissies worden afgevoerd door de gemalen. Van het water dat door de gemalen wordt uitgeslagen zijn geen waarden gegeven [WZE].

- Huishoudelijk water

Met de huishoudelijke lozingen van 28 bewoners van niet op het riool aangesloten panden [Oele, 2000] komt 0,05 gram PCB's in de Oosterschelde. De factor van 1,8 mg som6PCB's per bewoner is afkomstig van RIZA [Raad, 1993].

- Atmosferische depositie

In het SPEED-rapport [Raad, 1993] wordt een depositiefactor gebruikt van 0,316 g totaal PCB's/ha/jr. Er wordt gesteld dat som7PCB's 60 % is van totaal PCB's. Dit komt neer op 0,19 g som7PCB's/ha/jr. Daarmee komt (40.000 ha) 7,6 kg per jaar in de Oosterschelde. Volgens TNO is de depositie op de Oosterschelde 10 kg. De waarden van TNO voor atmosferische depositie van PCB's in de Oosterschelde moeten volgens de auteurs als zeer grof worden gezien. Het model EUTREND, dat voor de berekening van de atmosferische depositie gebruikt wordt, heeft een zeer grove resolutie [Baart, 1995]. De cijfers van SPEED en TNO liggen in dezelfde orde van grootte.

Voor dit rapport wordt 7,6 kg som7PCB's /jr gehanteerd.

- Toevoer vanuit andere wateren

In het Volkerak zijn concentraties gemeten van PCB28 en PCB52 van gezamenlijk 0,01 mg/m<sup>3</sup>. Volgens het SPEED-rapport is dit 40% van som7PCB's. De concentratie som7PCB's zou daarmee op 0,0275 mg/m<sup>3</sup> komen. Met een debiet van 270 miljoen m<sup>3</sup> komt dan 7,4 kg som7PCB's in de Oosterschelde.

## 6.10.3 Cijfers en grafieken

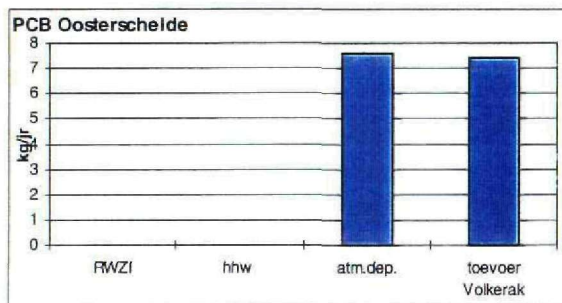
De berekende emissies van PCB's zijn samengevat in tabel 11. In grafiek 18 zijn de bronnen voor PCB's in de Oosterschelde weergegeven. In grafiek 19 zijn de percentages aangegeven van de aandelen die de verschillende bronnen hebben in de belasting van PCB's op het water.

Tabel 11: Input van PCB's vanuit diverse bronnen in Oosterschelde

bron van PCB's	emissieverklarende variabele (EVV)/info	emissiefactor (EF)	kg /jr direct Oosterschelde	kg /jr landelijk
RWZI's	WZE	-	0,01	-
huishoudelijk water	aantal bewoners (28)	1,8 mg /bew.	0,00005	0-1,7
atmosferische depositie	SPEED	0,19 g/ha	7,6	-
toevoer Volkerak	Donar	0,1 mg/m <sup>3</sup>	7,4	270

Van emissies van PCB's zijn veel verschillende cijfers. De PCB's wordt op verschillende manieren gemeten en weergegeven. Per congeneer, als som 6 PCB's, als som 7 PCB's, als totaal PCB's en ook zonder aanduiding om welke PCB's het gaat. Dit geeft grote onzekerheden in de berekeningen. De cijfers die hier gegeven zijn, moeten dan ook worden gezien als een schatting. In het SPEED-rapport uit 1993 [Raad, 1993] geven de schrijvers aan dat de verschillende gevonden metingen moeilijk met elkaar te vergelijken zijn. Uit het rapport blijkt

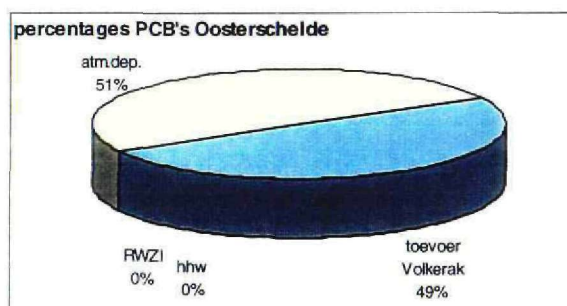
dat aanvoer door de rivieren en depositie de grootste bronnen voor PCB's zijn [Raad,1993]. PCB's lossen slecht op in water. De cijfers voor atmosferische depositie behelzen dan ook bijna uitsluitend droge depositie.



Grafiek 18: PCB's in Oosterschelde.  
De grootste hoeveelheden komen via de atmosferische depositie.

Ook in de Oosterschelde zijn depositie en aanvoer door rivieren grote bronnen voor PCB's. Het water dat door de Krammersluizen uit het Volkerak binnenkomt, is afkomstig van de rivieren Maas, Waal en Rijn.

Grafiek 19: Percentages PCB's in de Oosterschelde.  
Zowel atmosferische depositie als de toevoer van het Volkerak dragen circa voor de helft bij.



Re-emissie uit de onderwaterbodem en riooloverstorten zijn niet berekend en ook ontbreken cijfers van emissies van PCB's via gemalen.

## 6.11 Westerschelde / nikkel

In de Westerschelde wordt op een aantal locaties over de lengte van het estuarium verdeeld nikkelgehalten gemeten. Bij de grens met België zijn de concentraties het hoogst. Verder naar de monding wordt het water verdund met zeewater. Hierdoor worden de concentraties vele malen lager. De nikkelconcentraties overschrijden het MTR in zwevend stof in de kustzone in alle metingen. Op 3 locaties in de Westerschelde overschrijden de concentraties in water de SW en op 1 locatie ook het MTR. Vooral bij Schaar van Ouden Doel wordt het MTR in 88 % van de metingen met een gemiddelde factor van 2,3 overschreden. In zwevend stof wordt bij Hansweert de streefwaarde in 2 van de 24 metingen overschreden en bij Schaar van Ouden Doel in 43 van de 164 metingen. Het MTR voor nikkel in zwevend stof wordt bij Schaar van Ouden Doel in 3 van de 164 metingen overschreden. Nikkel in de Westerschelde heeft prioriteit 1 gekregen.

### 6.11.1 Gegevens

De gegevens voor nikkel in de Westerschelde zijn:

- gemalen
- RWZI's
- huishoudelijk water
- atmosferische depositie
- toevoer vanuit andere wateren

- wegen
- bedrijven

### 6.11.2 Resultaten

- **Gemalen**  
De gemalen (bijlage 1) van Zuid-Beveland en Walcheren en Zeeuws Vlaanderen slaan met het water 750 kg nikkel per jaar uit [WZE/WZV].
- **RWZI's**  
De RWZI's Waarde en Bath lozen samen ongeveer 470 kg nikkel (respectievelijk 23 en 355 kg) in de Westerschelde. Aan de zuidzijde lozen geen RWZI's rechtstreeks [WZE/WZV/ Moelker,1999]. RWZI-Bath verzamelt afvalwater van West-Brabant, maar het effluent wordt geloosd op de Westerschelde.
- **Huishoudelijk water**  
Van de huishoudens van 415 personen in de 36 niet aangesloten panden [Oele, 2000] komt totaal een vracht van 0,2 kg nikkel per jaar.
- **Atmosferische depositie**  
Met atmosferische depositie van 7,2 g/ha [RIVM, Rotterdam] komt 217 kg nikkel in de Westerschelde (30000 ha) terecht.
- **De Schelde**  
De rivier de Schelde voert veel nikkel aan. Met een gemiddeld debiet van 3153,6 miljoen m<sup>3</sup> per jaar en een gemiddelde concentratie van ruim 10 mg/m<sup>3</sup> komt bijna 32000 kg nikkel jaarlijks via de Schelde in de Westerschelde [Donar].
- **Kanaal GT**  
Het kanaal Gent-Terneuzen voert jaarlijks met een gemiddeld debiet van 480 m<sup>3</sup> en een gemiddelde concentratie van 6,8 mg/m<sup>3</sup>, bijna 3300 kg nikkel aan [Donar].
- **Bathse spuikanaal**  
Het spuikanaal bij Bath brengt jaarlijks 2100 kg nikkel in de Westerschelde [Donar]. (Deze gegevens zijn bewerkt door G.Wattel, RIKZ)
- **Wegen**  
Het verkeer op de wegen aan het water (bijlage 3) zorgen voor een belasting van 0,05 kg nikkel [RWS].
- **Bedrijven**  
De bedrijven, die gegevens hebben geleverd, lozen jaarlijks gezamenlijk ongeveer 1000 kg nikkel in het oppervlaktewater van de Westerschelde [Moelker,1999].

### 6.11.3 Cijfers en grafieken

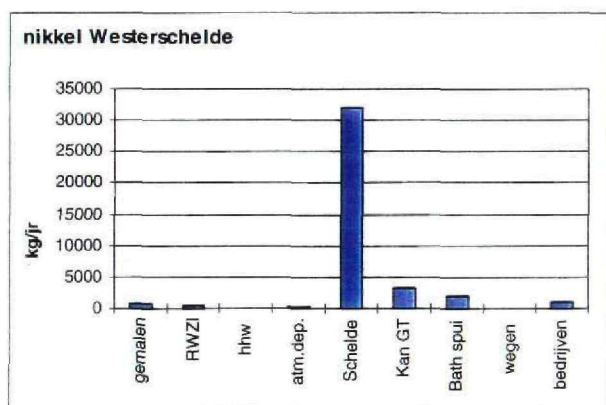
De berekende emissies van nikkel zijn samengevat in tabel 11. Grafiek 20 laat de bronnen van nikkel op de Westerschelde zien. In grafiek 21 zijn de grootste bronnen weggelaten, zodat de overige bronnen beter tot uiting komen. In grafiek 22 worden de percentages aangegeven van de aandelen die de bronnen hebben in de belasting op het oppervlaktewater.



Tabel 12: Input van nikkel vanuit diverse bronnen in Westerschelde

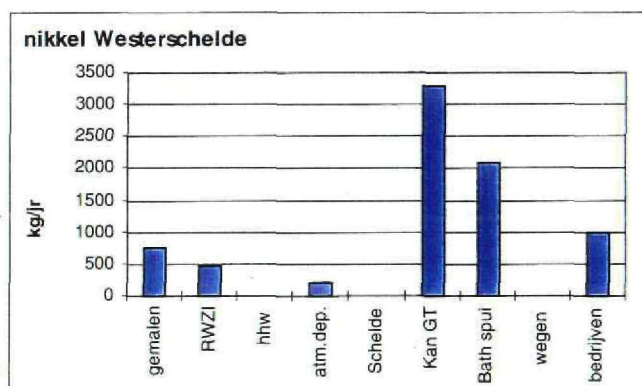
bron van nikkel	emissieverklarende variabele (EVV)/info	emissiefactor (EF)	kg /jr direct Westerschelde	ton /jr netto landelijk
gemalen	WZE/WZV	-	750	-
RWZI's	Moelker, 1999	-	470	20,4
hhw	WVO-info	0,5 g/bewoner	0,2	0,1
atmosferische depositie	RIVM	7,2 g/ha	217	28,7
Schelde	3153,6 milj.m <sup>3</sup> /jr	10,1 mg/m <sup>3</sup>	32.000	325
kanaal GT	480 milj. m <sup>3</sup> /jr	6,8 mg/m <sup>3</sup>	3.300	"
Bath spuikanaal	Donar	-	2.100	"
wegen	RWS	-	0,05	0,1
bedrijven	RWS	-	1.000	8,9

Landelijk is de toevoer via rivieren de grootste leverancier van nikkel naar het Nederlandse oppervlaktewater. Verder zijn atmosferische depositie en RWZI's grote bronnen voor nikkel.



Grafiek 20: Nikkel in Westerschelde, De grootste hoeveelheden komen via de Schelde en kanalen in de Westerschelde.

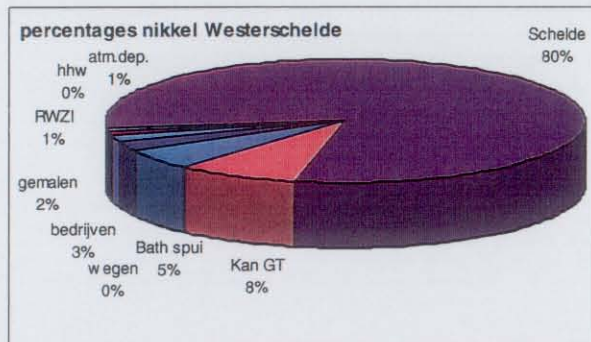
Ook voor de Westerschelde is vooral aanvoer vanuit ander water een grote bron. De rivier de Schelde voert duizenden kilo's nikkel aan vanuit België en Frankrijk. Bij de grens met België bij Schaar van Ouden Doel worden de hoogste concentraties gevonden. Verder stroomafwaarts wordt het water verdund door het Noordzeewater dat onder invloed van het getij het estuarium binnenkomt. Bronnenonderzoek voor de Schelde zou een licht kunnen werpen op de oorsprong van de grote hoeveelheden nikkel in de rivier. Naast de aanvoer door de Schelde komt er ook veel nikkel in de Westerschelde vanuit het kanaal Gent-Terneuzen en het spuikanaal van Bath. Verder vormen de emissies van de bedrijven met elkaar een grote bron. Enkele grote bedrijven zorgen samen voor een emissie van ongeveer 1 ton nikkel jaarlijks.



Grafiek 21: Nikkel in de Westerschelde. Als de Schelde wordt weggelaten, komen de andere bronnen beter tot uiting. De kanalen hebben ook een grote invloed op de belasting van het water.

Nikkel dat met het water via de

gemalen wordt uitgeslagen, is voor het grootste deel van onbekende oorsprong en voor een ander deel voornamelijk afkomstig van RWZI's, die op het polderwater lozen. De rechtstreeks op het rijkswater lozende RWZI's hebben ook een redelijk aandeel in de belasting van het oppervlaktewater. De RWZI van Bath verzamelt afvalwater van buiten Zeeland, maar wordt meegerekend omdat de lozing op de Westerschelde plaatsvindt.



Grafiek 22: Percentages nikkel in de Westerschelde. De Schelde en de kanalen hebben samen 95 % invloed op de belasting van het water.

Voor atmosferische depositie van nikkel was geen cijfer van het meetstation in Braakman beschikbaar. Hiervoor is het station van Rotterdam gebruikt voor de berekening. Er moet rekening worden gehouden met het feit dat station Rotterdam in een groot gebied ligt met veel industrie. Bij Braakman is alleen invloed van de bedrijven bij Terneuzen bij wind uit het noord-oosten. Van de wegen en vanuit de huishoudens komt weinig nikkel in het oppervlaktewater. Er zijn geen gegevens van nalevering van de onderwaterbodem, riooloverstorten en van corrosie van roestvast staal.

## 6.12 Westerschelde / zink

In de Westerschelde worden op een aantal locaties over de lengte van het estuarium verdeeld zinkgehalten gemeten. Bij de grens met België zijn de concentraties het hoogst. Verder naar de monding wordt het water verdund met zeewater. Hierdoor worden de concentraties vele malen lager. In de Westerschelde overschrijden de concentraties zink de SW zowel in water als in zwevend stof. Vooral bij Schaar van Ouden Doel wordt de SW in bijna alle gevallen overschreden. Ook het MTR voor zink in water wordt hier overschreden met een gemiddelde factor van 7,6. Het MTR voor zwevend stof wordt bij Schaar in alle 164 metingen overschreden en bij Vlissingen in 24 van de 30 metingen. De streefwaarde voor zink in sediment wordt in de Westerschelde in 6 van de 132 metingen overschreden. Zink in de Westerschelde heeft prioriteit 1 gekregen.

### 6.12.1 Gegevens

De gegevens voor zink in de Westerschelde zijn:

- gemalen
- RWZI's
- huishoudelijk water
- dakgoten
- atmosferische depositie
- toevoer vanuit andere wateren
- wegen



- anodes schepen
- sluizen
- bedrijven

## 6.12.2 Resultaten

- **Gemalen**  
De gemalen (bijlage 1) van Zuid-Beveland, Walcheren en Zeeuws Vlaanderen slaan ruim 4,5 ton zink met het water uit [WZE][WZV].
- **RWZI's**  
De RWZI's Waarde en Bath lozen samen jaarlijks bijna 2 ton zink (respectievelijk 130 en 1850 kg) in de Westerschelde [Moelker, 1999]. Aan de zuidzijde lozen geen RWZI's rechtstreeks.
- **Huishoudelijk water**  
Het huishoudelijk water dat uit 36 panden door 415 bewoners [Oele, 2000] rechtstreeks op het oppervlaktewater wordt geloosd, bevat ongeveer 3 kilo zink.
- **Dakgoten**  
Van de dakgoten van de woningen komt ongeveer 2 kilo zink in het oppervlaktewater (zie huishoudelijk water).
- **Atmosferische depositie**  
Met een atmosferische depositie van 75 g/ha [RIVM, Braakman] komt 2,25 ton zink in de Westerschelde terecht.
- **De Schelde**  
De rivier de Schelde voert veel zink aan vanuit België en Frankrijk. Met een jaarlijks debiet van 3153,6 miljoen m<sup>3</sup> en een concentratie van 53 mg/m<sup>3</sup> komt ongeveer 167 ton zink via de Schelde in de Westerschelde [Donar].
- **Kanaal Gent-terneuzen**  
Het kanaal Gent-Terneuzen voert, met een debiet van 480 miljoen m<sup>3</sup> en een concentratie van 34 mg/m<sup>3</sup>, 19 ton zink aan [Donar] en het Bathse spuikanaal 6 ton (berekend door RIKZ). De kanalen brengen ongeveer 25 ton zink in het oppervlaktewater van de Westerschelde.
- **Wegen**  
Door afspoeling van het wegdek van wegen aan het water (bijlage 3) komt 3,5 kilo zink in het oppervlaktewater van de Westerschelde terecht. Het wegmeubilair brengt 8,1 kg zink in het water. Van de wegen is totaal 11,6 kilo zink afkomstig [RWS].
- **Anodes schepen**  
Met de anodes (bijlage 4) van de binnenvaart en zeevaart komt 520 kilo zink in het oppervlaktewater gebracht. De recreatieschepen brengen ongeveer 620 kilo zink in het water [Deayaldeen].
- **Sluizen**  
Van de anodes [RWS/RIZA] en roosters [RWS] van de sluizen (bijlage 5) komt 4,2 ton zink per jaar in het water.

- Bedrijven

Bedrijven, die gegevens hebben geleverd, lozen jaarlijks gezamenlijk ongeveer 3,7 ton zink in het oppervlaktewater van de Westerschelde [Moelker, 1999].

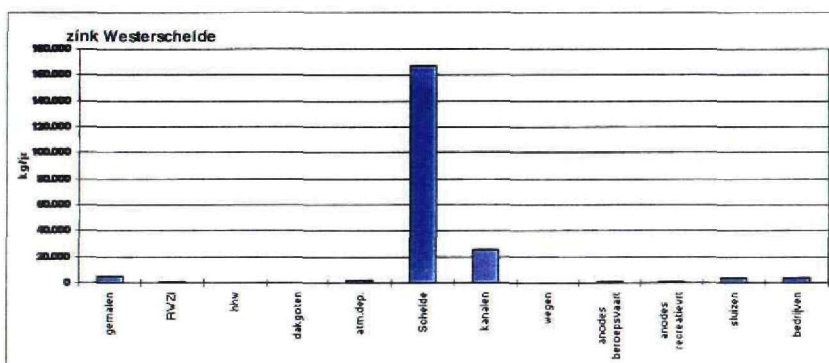
### 6.12.3 Cijfers en grafieken

De berekende emissies van zink zijn samengevat in tabel 13. Grafiek 23 laat de bronnen van zink op de Westerschelde zien. In grafiek 24 zijn de aanvoeren van de Schelde en de kanalen weggelaten. In grafiek 25 worden de percentages aangegeven van de aandelen die de bronnen hebben in de belasting op het oppervlaktewater met zink.

Tabel 13: Input van zink vanuit diverse bronnen in Westerschelde

bron van zink	emissieverklarende variabele (EVV)/info	emissiefactor (EF)	kg /jr direct Westerschelde	ton /jr netto landelijk
gemalen	WZE/WZV	-	4.550	-
RWZI	Moelker, 1999	-	1.880	210
huishoudelijk water	bewoners (415)	6,3 <sup>a</sup> -3/bew.	3	20
dakgoten	aantal panden (36)	4,8 <sup>a</sup> -2/pand	2	-
atm.dep.	RIVM	75 g/ha	2.250	50
Schelde	3153,6 milj. m <sup>3</sup> /jr	53 mg/m <sup>3</sup>	167.000	3050
kanalen	(480 milj. m <sup>3</sup> /jr + BS)	(34 mg/m <sup>3</sup> + BS)	25.000	"
wegen	RWS	-	11,6	20
anodes beroepsvaart	RWS	4,8-8 g /schip	520	28
anodes recreatievaart	Delta 1999	0,64 g /boot	620	-
sluizen	RWS	-	4.196	-
bedrijven	RWS	-	3.675	120

Landelijk is de aanvoer vanuit rivieren de grootste leverancier van zink naar de Nederlandse oppervlaktewateren. Verder zijn RWZI's en bedrijven grote bronnen voor zink. Het grootste deel van het zink in het rioolwater is afkomstig van corrosie van zinken dakgoten.



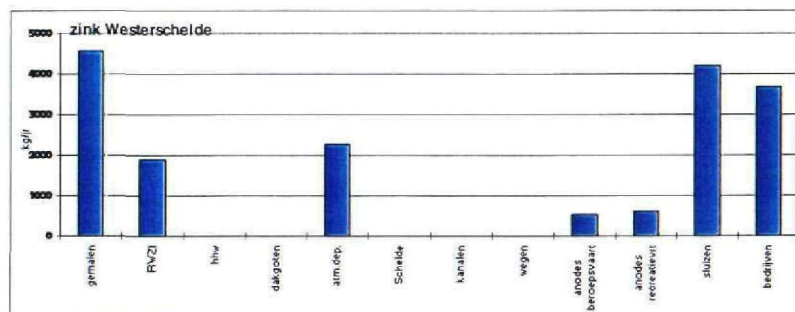
Grafiek 23: Zink in de Westerschelde.  
De grootste hoeveelheden komen via de Schelde.

Voor de Westerschelde is ook vooral aanvoer vanuit ander water een grote bron. De rivier de Schelde voert samen met de kanalen tientallen tonnen zink aan vanuit België en Frankrijk. Naast de aanvoer door de Schelde is atmosferische depositie een grote bron. Het cijfer van atmosferische depositie van zink is berekend met neerslagcijfers van RIVM van het station Braakman. Er worden enkele tonnen zink door gemalen, RWZI's en bedrijven in het water gebracht. Het grootste deel van het zink, dat met de gemalen meekomt, is afkomstig van

dakbedekkingen. Een kleiner deel van het zink in het water van de gemalen is afkomstig van huishoudens [WZE].

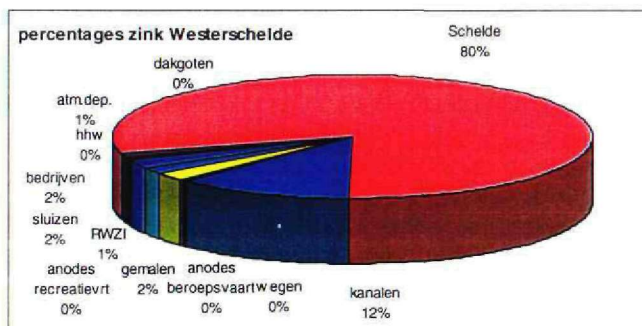
De anodes op de sluizen staan in voortdurend contact met het zoute water. De uitloging van verzinkte delen boven water is afhankelijk van de zuurgraad van het regenwater en van de mate waarin de delen onder invloed staan van opwaaiend brak water. De anodes en de roosters op de sluizen vormen een grote bron.

Grafiek 24: Zink in de Westerschelde.  
Als de grootste bronnen: de Schelde en de kanalen worden weggelaten, komen de andere bronnen beter tot uiting.



In de Westerschelde is niet veel zink afkomstig van de zinkanodes van recreatievaartuigen, de zeevaart en de binnenvaart. Als de recreatievaartuigen niet varen, liggen ze meestal in de jachthavens. Gedurende deze tijd staan de opofferingsanodes in contact met het brakke water. De beroepsvaartuigen varen een route over de Westerschelde en zijn slechts korte tijd aanwezig.

Bronnen zoals dakgoten, huishoudelijk water en wegverkeer zijn te verwaarlozen voor emissies van zink naar de Westerschelde.



Grafiek 25: Percentages zink in de Westerschelde.  
Van de zink wordt 92 % aangevoerd door de Schelde en de kanalen.

Er ontbreken gegevens. Bijvoorbeeld de nalevering uit de onderwaterbodems is niet berekend. Er zijn in de loop van de tijd veel metalen in de bodem opgeslagen. Het RIKZ heeft aangegeven dat de beschikbare modellen van deze re-emissie geen goed beeld kunnen geven. Ook zijn riooloverstorten niet berekend, evenals morsingen en dumpingen vanaf schepen en oevers. Verder zullen er nog onbekende emissies zijn.

### 6.13 Westerschelde / arseen

In de Westerschelde worden op een aantal locaties arseengehaltes gemeten. Bij de grens met België zijn de concentraties het hoogst. Verder naar de monding wordt het water verdund met zeewater. Hierdoor worden de concentraties vele malen lager. De arseen concentratie overschrijdt bij Hansweert in 1 van de 24 metingen de streefwaarde in water. Het MTR in water wordt niet overschreden. In zwevend stof wordt vooral bij Schaar van Ouden Doel de streefwaarde in 52 van de 61 metingen en het MTR in 1 van de 61 metingen overschreden. Arseen in de Westerschelde heeft prioriteit 2 gekregen.

### 6.13.1 Gegevens

De gegevens voor arseen in de Westerschelde zijn:

- gemalen
- RWZI's
- atmosferische depositie
- toevoer vanuit andere wateren
- bedrijven

### 6.13.2 Resultaten

- **Gemalen**  
De gemalen (bijlage 1) van Zuid-Beveland en Walcheren slaan met het water 490 kg arseen uit [WZE]. De gemalen uit Zeeuws Vlaanderen brengen 1025 kg arseen in de Westerschelde [WZV].
- **RWZI's**  
De RWZI's Waarde en Bath lozen samen 79 kg arseen (respectievelijk 15 en 64 kg) in de Westerschelde [Moelker, 1999]. Aan de zuidzijde lozen geen RWZI's rechtstreeks.
- **Atmosferische depositie**  
Met een atmosferische depositie van 1,35 g/ha [RIVM, Rotterdam] komt 41 kg arseen in de Westerschelde terecht.
- **De Schelde**  
De rivier de Schelde voert veel aan. Met een jaarlijks debiet van 3153,6 miljoen m<sup>3</sup> en een concentratie van 9,3 mg/m<sup>3</sup>, komt via de Schelde 29 ton arseen in de Westerschelde [Donar].
- **Kanaal Gent-Terneuzen**  
Vanuit het kanaal Gent-Terneuzen wordt jaarlijks, met een debiet van 480 miljoen m<sup>3</sup> en een concentratie van 0,15 mg/m<sup>3</sup>, 72 kg arseen naar de Westerschelde gevoerd [Donar]. Van het Bathse Spuikanaal zijn geen gegevens.
- **Bedrijven**  
Bedrijven, die gegevens hebben geleverd, lozen jaarlijks gezamenlijk ongeveer 166 kg arseen in het oppervlaktewater van de Westerschelde [Moelker, 1999].

### 6.13.3 Cijfers en grafieken

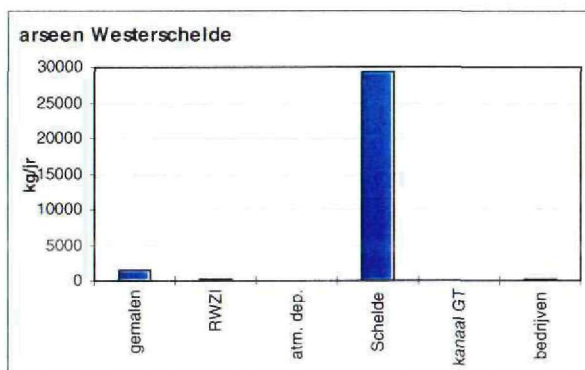
De berekende emissies van arseen zijn samengevat in tabel 14. Grafiek 26 laat de bronnen van arseen op de Westerschelde zien. In grafiek 27 is de Schelde weggelaten. In grafiek 28 worden de percentages aangegeven van de aandelen die de bronnen hebben in de belasting op het oppervlaktewater met arseen.



Tabel 14: Input van arseen vanuit diverse bronnen in Westerschelde

bron van arseen	emissieverklarende variabele (EVV)/info	emissiefactor (EF)	kg /jr direct Westerschelde	ton /jr landelijk
gemalen	WZEWZV	-	1515	-
RWZI's	WZE	-	79	-
atmosferische depositie	RIVM	1,35 g/ha	41	0,371
Schelde	3153,6 milj.m <sup>3</sup>	9,3 mg/m <sup>3</sup>	29.365	107
kanaal GT	480 milj.m <sup>3</sup>	0,15 mg/m <sup>3</sup>	72	"
bedrijven	RWS	-	166	-

Landelijk zijn de rivieren verantwoordelijk voor de grootste aanvoer van arseen. Verder hebben de RWZI's en de industrie veel invloed in de belasting van het oppervlaktewater.

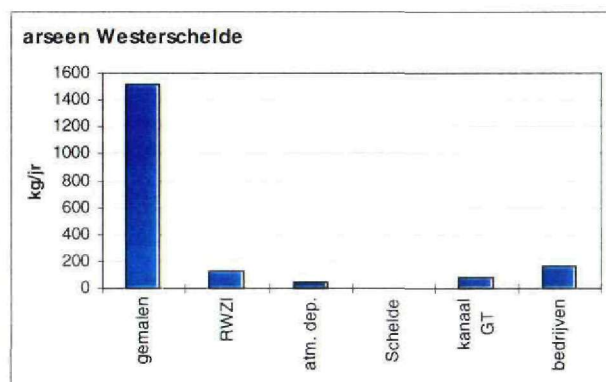


Grafiek 26: Arseen in Westerschelde, De grootste hoeveelheden arseen komen via de Schelde

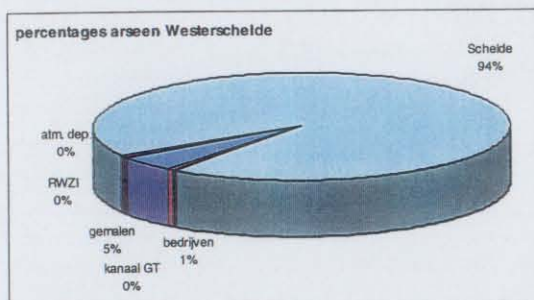
Voor de Westerschelde is ook vooral aanvoer vanuit ander water een grote bron. De rivier de Schelde voert tientallen tonnen vanuit België en Frankrijk. Naast de aanvoer door de Schelde zijn de emissies van gemalen, RWZI's en bedrijven grote bronnen.

Het grootste percentage van het arseen, dat via de gemalen in het rijksoppervlaktewater komt, is afkomstig van kwel [WZE].

Grafiek 27: Arseen in de Westerschelde. Als de Schelde wordt weggelaten, komen de andere bronnen beter tot uiting. De gemalen hebben ook een grote invloed op de belasting van de Westerschelde.



Voor atmosferische depositie van arseen was geen cijfer van het meetstation in Braakman beschikbaar, hiervoor is het station van Rotterdam gebruikt voor de berekening. Er moet rekening worden gehouden met het feit dat station Rotterdam in een groot gebied ligt met veel industrie. Bij Braakman is alleen invloed van de bedrijven bij Terneuzen en dan alleen bij oostenwind. Bij de productie van fosfor komt o.a. arseen vrij. Arseen is een natuurlijk bestanddeel van fosfaaterts. In Zeeland is een chemische bedrijf dat fosfor bereidt uit fosfaaterts.



Grafiek 28: Percentages arseen in de Westerschelde. De Schelde heeft de grootste invloed op de belasting van de Westerschelde.

Vooraf in Zeeland bevindt zich veel arseen van nature in de bodem (K.Speksnijder, RWS directie Zeeland) De re-emissie vanuit de onderwaterbodem is niet berekend, maar kan wel veel invloed hebben. De in de loop der jaren in de bodem opgeslagen arseen, kan weer beschikbaar komen door veranderde evenwichtsituaties tussen bodem en water. De beschikbare modellen geven volgens RIZA echter geen goed beeld van deze re-emissies. Van houten beschoeiingen, meerpalen e.d. kan arseen uitloggen. Van de hoeveelheden gebruikt materiaal zijn geen gegevens. Daarom zijn hier geen cijfers van berekend. Ook van riooloverstorten en van morsingen vanaf schepen en oevers zijn geen gegevens en verder zullen er nog onbekende emissies zijn.

## 6.14 Westerschelde / TBT

In de Westerschelde zijn op een aantal locaties eenmalig TBT in het water gemeten. Bij de grens met België zijn de concentraties het hoogst. Verder naar de monding wordt het water verdund met zeewater. Hierdoor worden de concentraties vele malen lager. In de havens van de Westerschelde zijn 62 metingen verricht en daar wordt de MTR in 60 metingen overschreden. TBT in de Westerschelde heeft prioriteit 2 gekregen.

### 6.14.1 Gegevens

De gegevens voor in de Westerschelde zijn:

- scheepvaart
- werven
- bedrijven

### 6.14.2 Resultaten

- **Scheepvaart**  
De zeeschepen zijn voor TBT naar de Westerschelde de grootste bron. Ze brengen 1849 kg TBT in het water. Van de veerboten is 65 kg afkomstig en van de baggerschepen 37 kg [Deayaldeen, 1995]. De vissersboten brengen 36 kg in het water (bijlage 4). De schepen brengen gezamenlijk 1987 kg TBT in het water.
- **Werven**  
Werven leveren per werf ongeveer 10 kg TBT. Totaal leveren de werven aan de Westerschelde een vracht van 90 kg TBT [Evers, 1995].



- Bedrijven  
Van de bedrijven, die gegevens hebben geleverd, loost een bedrijf jaarlijks ongeveer 40 kg TBT in het oppervlaktewater van de Westerschelde [Moelker, 1999].

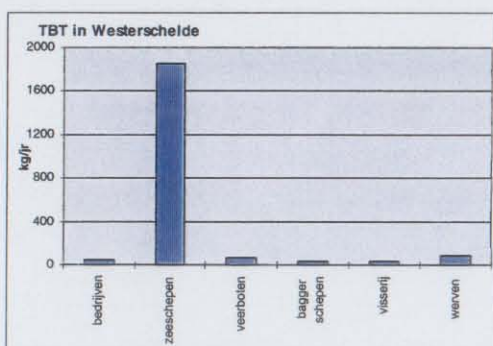
### 6.14.3 Cijfers en grafieken

De berekende emissies van TBT zijn samengevat in tabel 15. Grafiek 29 laat de bronnen van TBT op de Westerschelde zien. In grafiek 30 worden de percentages aangegeven van de aandelen die de bronnen hebben in de belasting op het oppervlaktewater met TBT.

Tabel 15: Input van TBT vanuit diverse bronnen in Westerschelde

bron van TBT	emissieverklarende variabele (EVV)/info	emissiefactor (EF)	kg /jr direct Westerschelde	kg /jr landelijk
zeeschepen	bijlage 4	-	1849	17800
veerboten	bijlage 4	-	65	"
baggerschepen	bijlage 4	-	37	"
vissersboten	bijlage 4	-	36	"
werven	Evers, 1995	-	90	5600
bedrijven	RWS	-	40	58

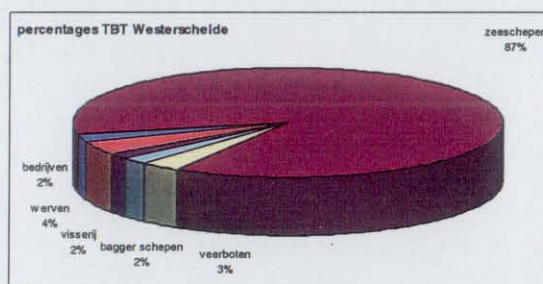
In Nederland en wereldwijd wordt de scheepvaart aangemerkt als de bron voor TBT. In 1970 is de TBT-houdende antifouling op de markt geïntroduceerd. Binnen tien jaar werd duidelijk, dat TBT toxische effecten op het milieu heeft. Sinds 1990 is een EU-verbod van kracht op het gebruik van deze antifouling op schepen korter dan 25 meter. Op grotere schepen wordt nog op grote schaal TBT gebruikt. Zeeschepen varen de meeste tijd op zout water, waar zich veel aangroei voordoet. De binnenvaartschepen varen de meeste tijd op zoet water, waar minder aangroei voorkomt, en gebruiken over het algemeen goedkopere coatings.



Grafiek 29: TBT in Westerschelde, de grootste hoeveelheden komen van de scheepvaart

Voor de Westerschelde is vooral de zeescheepvaart de grootste bron. Hoewel elk schip slechts gedurende korte tijd op de Westerschelde verblijft, zorgen de grote aantallen ervoor, dat de totale emissie groot is.

Grafiek 30: Percentages TBT in de Westerschelde  
De tienduizenden zeeschepen vormen de grootste bron voor TBT in de Westerschelde.



De invloed van de vissersschepen is de afgelopen jaren al verminderd. Omdat in een convenant overeengekomen is om vanaf 1 januari 2000 geen nieuwe TBT-houdende coatings meer aan te brengen, zal in de toekomst deze invloed nog verder afnemen.

De bodem heeft vooral in de havens veel TBT opgeslagen. Onder invloed van licht en in aanwezigheid van zuurstof breekt tributyltin (TBT) af tot dibutyltin en monobutyltin. In slibrijk water zoals havens verloopt deze afbraak zeer langzaam [Kortlandt, 1998]. Onderwaterbodems kunnen door re-emissies door bijvoorbeeld baggeractiviteiten weer belangrijke bronnen van vervuiling vormen. TBT wordt niet of nauwelijks in water gemeten, daarom zijn er geen gegevens over toevoer vanuit andere wateren. Ook zijn er geen gegevens van atmosferische depositie, gemalen, RWZI's en overstort. Verder zullen er nog andere onbekende emissies zijn.

## **6.15 Westerschelde / PCB's**

In de Westerschelde worden PCB's op een aantal locaties (Vlissingen, Terneuzen, Hansweert en Schaar van Ouden Doel) in zwevend stof en op verspreide locaties in het sediment gemeten. In het water zijn geen metingen verricht voor PCB's. Er zijn geen normen voor PCB's in water. De metingen in zwevend stof en sediment betreffen de som 7 PCB's. Dat zijn de PCB's 28, 52, 101, 118, 138, 153 en 180. Bij de grens met België zijn de concentraties het hoogst. Verder naar de monding wordt het water verdund met zeewater. Hierdoor worden de concentraties lager. Voor PCB's 28 en 52 gelden een streefwaarde die lager ligt dan het maximaal toelaatbaar risiconiveau, respectievelijk 1 en 4 µg/kg in sediment en 2 en 4 µg/kg in zwevend stof. Voor de PCB's 101, 118, 138, 153 en 180 geldt dat de SW gelijk is aan het MTR, namelijk 4 µg/kg in sediment en 8 µg/kg in zwevend stof. Het laagste percentage overschrijdingen in zwevend stof is van PCB 52 bij Vlissingen; in 0 % van de metingen wordt het MTR overschreden en in 87 % van de metingen de SW. Bij Schaar van Ouden Doel wordt de SW voor PCB's in zwevend stof in alle metingen en het MTR in bijna alle metingen overschreden. De percentages overschrijdingen in het sediment liggen tussen 4 en 17 %. PCB's in de Westerschelde heeft prioriteit 2 gekregen.

### **6.15.1 Gegevens**

Er zijn in verschillende jaren verschillende analysemethoden gebruikt. Hierdoor zijn de cijfers uit de literatuur moeilijk te vergelijken. In dit rapport worden waar mogelijk waarden gebruikt uitgedrukt in som 7 PCB's. Dit zijn PCB's 28, 52, 101, 118, 138, 153, en 180. Soms wordt som 6 PCB's gebruikt, hieruit ontbreekt PCB 118.

De gegevens voor PCB's in de Westerschelde zijn:

- RWZI's
- huishoudelijk water
- atmosferische depositie
- toevoer vanuit andere wateren

### **6.15.2 Resultaten**

- RWZI's  
De RWZI Waarde (bijlage 2) loost 0,01 kg som 7 PCB's in de Westerschelde [WZE]. Van RWZI Bath zijn geen cijfers voor PCB's. Aan de zuidzijde lozen geen RWZI's rechtstreeks.
- huishoudelijk water  
Van de huishoudens [Oele, 2000] is 0,001 kg som 6 PCB's afkomstig [Raad, 1993].

- Atmosferische depositie  
Met atmosferische depositie komt 6 kg som7 PCB's in de Westerschelde terecht [Raad, 1993].
- De Schelde  
De rivier de Schelde voert zeer PCB's veel aan. Er komt via de Schelde 26 kg som7 PCB's in de Westerschelde (berekend door RIKZ).
- Kanaal Gent-Terneuzen  
Het kanaal levert met een jaarlijks debiet van 480 miljoen m<sup>3</sup> en een concentratie van 0,0004 mg/m<sup>3</sup> een vracht van 0,2 kg som7 PCB's.
- Spuikanaal Bath  
Het spuikanaal levert 0,07 kg som7 PCB's (berekend door RIKZ).

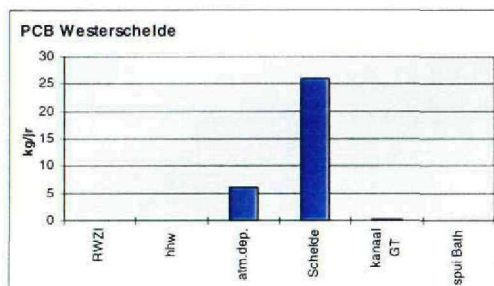
### 6.15.3 Cijfers en grafieken

De berekende emissies van PCB's in de Westerschelde zijn samengevat in tabel 15. Grafiek 31 laat de bronnen van PCB's op de Westerschelde zien. In grafiek 32 worden de percentages aangegeven van de aandelen die de bronnen hebben in de belasting op het oppervlaktewater met PCB's.

Tabel 16: Input van PCB's vanuit diverse bronnen in Westerschelde

bron van PCB's	emissieverklarende variabele (EVV)/info	emissiefactor (EF)	kg /jr direct Westerschelde	kg /jr landelijk
RWZI's	WZE (1998)	-	0,01	-
hhw	aantal bewoners (415)	1,8 mg/bew.	0,001	0-1,7
atmosferische depositie	SPEED	0,2 g/ha	6	-
Schelde	RIKZ	-	26	270
kanaal GT	480 miljoen m <sup>3</sup>	0,0004 mg/m <sup>3</sup>	0,2	"
Bath spuikanaal	RIKZ	-	0,07	"

In het SPEED-rapport wordt aangegeven dat aanvoer door de rivieren en depositie de grootste bronnen voor PCB's zijn [Raad,1993]. Van emissies van PCB's zijn veel verschillende cijfers. De PCB's wordt op verschillende manieren gemeten en weergegeven. Per congeneer, als som 6 PCB's, als som 7 PCB's, als totaal PCB's en ook zonder aanduiding om welke PCB's het gaat. Dit geeft grote onzekerheden in de berekeningen. De cijfers die hier gegeven zijn, moeten dan ook worden gezien als een schatting. In het SPEED-rapport uit 1993 [Raad, 1993] geven de schrijvers aan dat de verschillende gevonden metingen moeilijk met elkaar te vergelijken zijn. Uit het rapport blijkt dat aanvoer door de rivieren en depositie de grootste bronnen voor PCB's zijn [Raad,1993]. PCB's lossen slecht op in water. De cijfers voor atmosferische depositie behelzen dan ook bijna uitsluitend droge depositie.

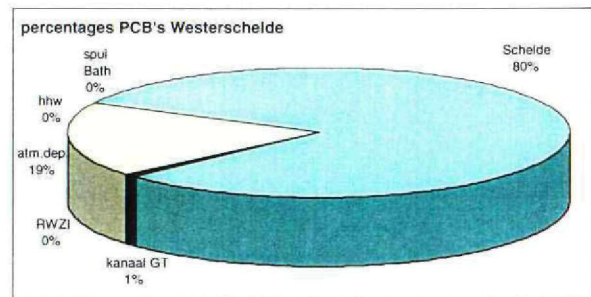


Grafiek 31: PCB's in Westerschelde, de grootste hoeveelheden komen via de Schelde.



Voor de Westerschelde is ook vooral aanvoer vanuit ander water een grote bron. De rivier de Schelde voert 26 kg aan vanuit België en Frankrijk. Naast de aanvoer door de Schelde is de atmosferische depositie een grote bron.

Grafiek 32: Percentages PCB's in de Westerschelde. Van de PCB's in de Westerschelde is 80 % afkomstig uit de Schelde.



Re-emissie uit de onderwaterbodem en riooloverstorten zijn niet berekend en ook ontbreken cijfers van emissies via gemalen.

## 7. Conclusie en discussie

De volgende tabel geeft aan welke bronnen het grootste aandeel hebben in de belasting van de Zeeuwse bekkens voor de probleemstoffen nikkel, arseen, zink, TBT en PCB's.

Tabel 17: Globale percentages stoffen uit bronnen per bekken

bekken	stof	grootste bron	%	tweede bron	%	derde bron	%
Veerse Meer	zink	anodes recreatievaart	51	Kan d Walcheren	17	sluizen	16
	arseen	gemalen	66	Kan d Walcheren	30	toevoer Zandkreek	4
	TBT	visserij	77	zeevaart	23	-	-
Grevelingenmeer	arseen	gemalen	88	atmosferische dep.	9	toevoer Zijpe	3
	TBT	visserij	99	zeevaart	1	-	-
	PCB's	atmosferische dep.	91	toevoer Zijpe	9	huishoudelijk water	0
Oosterschelde	zink	toevoer Krammer	28	sluizen	24	atmosferische dep.	22
	arseen	gemalen	51	toevoer Krammer	43	atmosferische dep.	5
	TBT	visserij	86	zeevaart	14	-	-
	PCB's	atmosferische dep.	51	toevoer Krammer	49	RWZI	0
Westerschelde	nikkel	Schelde	80	Kan Gent-Terneuzen	8	Bathse Spuikanaal	5
	zink	Schelde	80	kanalen	12	gemalen	2
	arseen	Schelde	94	gemalen	5	bedrijven	1
	TBT	zeeschepen	87	werven	4	veerboten	3
	PCB's	Schelde	80	atmosferische dep.	19	Kan Gent-Terneuzen	1

### Nikkel

Nikkel is alleen berekend voor de Westerschelde. Daar blijkt de grootste bron voor deze stof de Schelde te zijn. In het algemeen komt nikkel voornamelijk via andere wateren in de Westerschelde. Als de toevoer via het kanaal van Gent naar Terneuzen nader wordt bekeken, blijkt de nikkel in het kanaal vrijwel volledig uit België afkomstig te zijn [Ras, 2000]. Via het kanaal (8 %) en de Schelde (80 %) is België verantwoordelijk voor 88 % van de aanvoer van nikkel. Het is onduidelijk wat de oorsprong is van de nikkel bovenstrooms in de rivier. Naast aanvoer vanuit andere wateren komt nikkel via gemalen en RWZI's en van bedrijven. Nikkel dat met het water via de gemalen wordt uitgeslagen, is voor het grootste deel van onbekende oorsprong en voor een ander deel voornamelijk afkomstig van RWZI's die op het polderwater lozen. Voor de berekening van nikkel in de atmosferische depositie is het cijfer gebruikt van het meetstation in Rotterdam. Het meetstation van Rotterdam bevindt zich in een industriegebied. Voor veel stoffen is de concentratie van stoffen in de lucht bij Rotterdam hoger dan bij Braakman. De luchtkwaliteit bij Braakman heeft alleen invloed van de industrie bij Terneuzen onder wind uit het noord-oosten. Er zijn weinig wegen die direct afstromen naar de rijksoppervlaktewateren, zodat de invloed van deze bron (0 %), ondanks de 'worst-case-scenario' (alle afstroom van een dam, dijk of brug wordt naar het bekken gerekend) zeer gering is. Ook de invloed van huishoudelijk water (0 %) is verwaarloosbaar, omdat slechts weinig huishoudens direct op rijksoppervlaktewateren lozen. Ook de bedrijven (3 %), de atmosferische depositie (1 %), de gemalen (2 %) en de RWZI's (1 %) hebben weinig invloed. Van een aantal bronnen zijn geen gegevens. Bijvoorbeeld de onderwaterbodem heeft in de loop der jaren veel stoffen opgeslagen. Door baggeren of door opwervelen van slib door schepen kunnen deze stoffen weer in de waterfase komen. Ook doordat maatregelen de concentraties in het water hebben doen dalen, zorgt een nieuwe verhouding van gehalten in water en bodem ervoor, dat stoffen weer in oplossing gaan. Het RIKZ heeft aangegeven dat modellen geen goed beeld kunnen geven van de emissies vanuit de onderwaterbodem. Verder zijn er geen gegevens van riooloverstorten en van corrosie van roestvast staal.

## Zink

Welke bron voor zink de grootste invloed heeft op de belasting van het oppervlaktewater is zeer verschillend per bekken. In de Westerschelde is dit de aanvoer via de Schelde en de kanalen, voor het Veerse Meer zijn dat de anodes die onder recreatievaartuigen gemonteerd zijn en in de Oosterschelde is de belasting met zink verdeeld over de toevoer via de Krammer, de uitloging van anodes op de sluizen en atmosferische depositie. Er is ook berekend hoeveel invloed de uitloging van de roosters op de sluizen heeft. Dit blijkt slechts een klein percentage te zijn van de invloed die de anodes van de sluizen hebben. Op verschillende sluizen worden nu en in de toekomst zinkanodes vervangen door aluminium anodes. Hiermee zal de invloed van deze bron sterk afnemen. De uitloging van verzinkte delen die aan de atmosfeer blootgesteld staan, is ondermeer afhankelijk van de zuurgraad van de neerslag. In afgelopen tijden zijn door verschillende maatregelen de  $\text{SO}_2$ -concentraties in de lucht gedaald. Hiermee is ook de corrosiesnelheid van atmosferische blootgesteld zink gedaald van 30-35 g zink/m<sup>2</sup> naar 9 g zink/m<sup>2</sup>. In de toekomst zal het nog lager uitvallen: 7 g zink/m<sup>2</sup>. Alleen gebieden dicht langs de zeekust hebben een hogere corrosiesnelheid door de invloed van het zout. Kleinere bronnen voor zink in het Veerse Meer zijn gemalen (12 %), atmosferische depositie (4 %), huishoudens, dakgoten, wegen, de Oosterschelde en de anodes van de beroepsvaart. In de Oosterschelde zijn dat de gemalen (15 %), de anodes van de recreatievaart (9 %), de RWZI's (2 %), anodes beroepsvaart, wegen, huishoudens en dakgoten. Voor de Westerschelde zijn dat de gemalen (2 %), sluizen (2 %), bedrijven (2 %), RWZI's, atmosferische depositie, huishoudens, dakgoten, wegen en anodes op schepen. Bedrijven zijn voor hun lozingen vergunningplichtig en moeten regelmatig verslag doen van de hoeveelheden geloosde stoffen. Deze gegevens worden door Rijkswaterstaat verzameld. In Zeeland bevinden de meeste, op rijksoppervlaktewateren lozende bedrijven, zich langs de oevers van de Westerschelde. Voor berekening van atmosferische depositie is het cijfer van het meetstation Braakman gebruikt. Dit station is het meest representatief voor Zeeland. Het meetstation in de Braakman heeft alleen invloed van de industrie bij Terneuzen bij wind uit het noord-oosten. De invloed van anodes op schepen laat zich vooral zien op het Veerse Meer. Hoewel er onder recreatieschepen slechts twee anodes per schip zitten, zorgt het grote aantal ervoor dat de invloed in totaal groot is. Er komen op de Oosterschelde en Westerschelde ook enkele tonnen zink via de gemalen. Het grootste deel van de zink, dat via de gemalen wordt uitgeslagen, is afkomstig van afspoeling van verharde oppervlakken en van de landbouw. De invloed van huishoudelijk afvalwater, dakgoten en van wegen is klein.

Van een aantal bronnen zijn geen gegevens bekend. Door opwervelen van slib kan zink uit de bodem weer in de waterfase komen. Ook door nieuwe evenwichten tussen bodem en water kunnen stoffen weer in oplossing gaan. Het RIKZ heeft aangegeven dat modellen geen goed beeld kunnen geven van de emissies vanuit de onderwaterbodem. Ook zijn er geen gegevens van riooloverstorten en corrosie van verzinkte materialen op bedrijfsterreinen.

## Arseen

Arseen is in alle bekkens van Zeeland aangemerkt als een probleemstof. Concentraties in het water overschrijden in de meeste metingen de streefwaarde. Arseen wordt in alle bekkens wel in het sediment in bijna alle metingen aangetoond, maar de streefwaarde voor sediment wordt niet overschreden. In het algemeen komen de grootste hoeveelheden arseen via de gemalen in de rijksoppervlaktewateren. De arseen, dat met het water van de gemalen wordt uitgeslagen is bijna geheel afkomstig van kwel. Een andere grote bron voor arseen is de toevoer vanuit andere wateren. In bijvoorbeeld de Westerschelde is de Schelde verreweg de grootste bron. Aan de Westerschelde is een bedrijf gevestigd, dat bij de verwerking van fosfaaterts arseen met het afvalwater loost. In het Grevelingenmeer is de tweede grote bron de atmosferische depositie. Voor deze cijfers is de waarde gebruikt van het meetstation in Rotterdam. Dit meetstation staat in een groot industriegebied met veel (chemische) bedrijven, waarvan de invloed op de luchtkwaliteit groot zal zijn. Voor veel stoffen is de concentratie van stoffen in de lucht bij



Rotterdam hoger dan bij Braakman.. De luchtkwaliteit bij Braakman heeft alleen invloed van de industrie bij Terneuzen onder wind uit het noord-oosten.

Kleinere bronnen voor arseen zijn voor het Veerse Meer de atmosferische depositie, voor de Oosterschelde de RWZI's en voor de Westerschelde het kanaal Gent-Terneuzen, de RWZI's en de atmosferische depositie. Er is slechts een gering aantal gegevens van arseenemissies gevonden. Een aantal bronnen waarvan geen gegevens zijn, kan wel invloed op de belasting van het oppervlaktewater hebben. De onderwaterbodem heeft in de loop der jaren veel stoffen opgeslagen. Door baggeren of door opwervelen van slib door schepen kan arseen weer in de waterfase komen. Ook doordat maatregelen de concentraties in het water hebben doen dalen, zorgt een nieuwe verhouding van gehalten in water en bodem ervoor, dat stoffen weer in oplossing gaan. Het RIKZ heeft aangegeven dat modellen geen goed beeld kunnen geven van de emissies vanuit de onderwaterbodem. Langs de oevers en bij sluizen zijn houten beschoeiingen en meerpalen. Het hout, dat hiervoor wordt gebruikt, is tegen rotting en aangroei behandeld met middelen waarin zich ook arseen kan bevinden. De hoeveelheden gebruikte middelen en behandeld hout zijn niet bekend. Verder zijn er geen gegevens van riooloverstorten en van strooizout.

### Tributyltin

Van TBT zijn alleen gegevens gevonden van scheepvaart en voor de Westerschelde ook van werven en een bedrijf. Op het Veerse Meer, het Grevelingenmeer en de Oosterschelde zorgen de vissersboten voor de grootste belasting van het oppervlaktewater. Dit komt voornamelijk, doordat vissersschepen langdurig aanwezig zijn op deze bekkens en de zeevaartschepen slechts gedurende een korte tijd. Op het Veerse Meer varen slechts 3 vissersschepen. Dat deze toch een grote bijdrage leveren aan de totale belasting van TBT geeft aan dat de overige berekende bronnen nog minder bijdragen aan de belasting van TBT en dat de overschrijding van de normen wellicht gezocht moet worden in bronnen, die in dit rapport nog niet berekend zijn. Op het Veerse Meer en het Grevelingenmeer komen ook weinig zeeschepen. Op de Oosterschelde komen meer zeeschepen. De Oosterschelde wordt druk bevestigd en deze vele vissersboten hebben met elkaar een grote invloed op de belasting van de Oosterschelde met TBT. In een convenant is afgesproken dat na 1 januari 2000 geen nieuwe TBT-houdende antifouling meer wordt aangebracht op vissersboten en per 1 januari 2003 geen TBT-houdende antifouling als actieve toplaag op de boten meer aanwezig zal zijn. In een steekproef bleek dat het gebruik van TBT voor vissersboten al beperkt was. Dit houdt in, dat de cijfers in dit rapport wellicht overschat zijn. Voor de Westerschelde zijn ook cijfers van baggerschepen en veerboten en voor werven en bedrijven. De werven dragen ongeveer 4 % bij aan de belasting, de veerboten 3 % en de bedrijven, de baggerschepen en de visserij dragen elk 2 % bij. Hoewel elk zeeschip slechts enkele dagen op de Westerschelde verblijft, hebben de zeeschepen door hun aantallen verreweg de grootste invloed op de belasting van het water. De Westerschelde is de toegang naar grote havens voor zeeschepen in Vlissingen, Terneuzen en Antwerpen. Tienduizenden schepen van over de hele wereld bezoeken jaarlijks deze havens. Een aantal bronnen, waarvan geen gegevens zijn, kunnen wel een grote invloed hebben op de belasting van het water. Er zijn weinig metingen verricht naar TBT. De cijfers zijn ook gebaseerd op enkele tientallen metingen. Wel zijn havenbodems gemonsterd en hier worden in alle gevallen het MTR overschreden, soms met overschrijdingsfactoren van enkele duizenden. De emissies uit de bodems zijn niet berekend. Het RIKZ heeft aangegeven dat modellen hierin geen goed beeld kunnen geven. Doordat er weinig metingen zijn verricht in water, zijn er ook geen gegevens van toevoer vanuit andere wateren. De landelijke toevoer door de Rijn en de Maas wordt geschat op 50 kg/jr [Evers, 1995]. Dus zal de toevoer van de Schelde ook enkele tientallen kilogrammen zijn. Er zijn ook geen gegevens van gemalen, RWZI's, oevers, huishoudelijk water en atmosferische depositie. Dit laatste is waarschijnlijk verwaarloosbaar [Evers, 1995]. TBT wordt ook gebruikt als houtverduurzamingsmiddel. Van de hoeveelheden gebruikte middelen en toegepast hout zijn geen gegevens. Verder zijn er geen gegevens van riooloverstorten.

### Polychloorbifenylen

PCB's zijn in het verleden veel toegepast in producten zoals transformatoren, condensatoren, hydrolyse apparatuur, verfstoffen, lijmen en impregneermiddelen. Sinds 1972 zijn toepassingen in apparaten niet meer toegestaan en sinds 1979 ook niet meer in andere producten [Raad, 1993]. PCB's zijn bijzonder persistent en de emissies van nu zijn veelal erfenissen uit de periode dat toepassing nog was toegestaan. PCB's zijn goed in vet oplosbaar en hebben zich aan bodemdeeltjes gehecht. Via de voedselketen hebben PCB's zich opgehoopt in levers en andere lichaamsvetten van dieren, waaronder vissen en runderen. Bij stortplaatsen zijn PCB's in de bodem gekomen en bij verbranding van afval van PCB-houdende materialen komen PCB's in de lucht. Er komen weinig PCB's uit huishoudelijk water in het oppervlaktewater terecht. Het rendement van RWZI's is voor PCB's hoog: 90 %. Ondanks de slechte oplosbaarheid van PCB's in water, is de atmosferische depositie de grootste bron voor het Grevelingenmeer en de Oosterschelde. Dit is voornamelijk droge depositie van PCB's gehecht aan deeltjes en gasvormige PCB's, die veelal afkomstig zijn uit afvalverbrandingsinstallaties. In de Westerschelde wordt de invloed door atmosferische depositie overschaduwd door de toevoer vanuit de rivier de Schelde. Landelijk is de aanvoer door rivieren waarschijnlijk de grootste bron, gevolgd door atmosferische depositie. Voor de Oosterschelde is de aanvoer vanuit de Krammer ook een grote bron. Voor het Grevelingenmeer is toevoer vanuit ander water een minder grote bron (9 en 0 %). Een kleine bron voor het Grevelingenmeer en de Oosterschelde is het huishoudelijk water en voor de Westerschelde zijn dat het huishoudelijk water, de RWZI's en het Bathse spuikanaal. Van emissies van de in de bodem opgeslagen PCB's zijn geen gegevens. Het RIKZ heeft aangegeven dat modellen hierin geen goed beeld kunnen geven. Ook zijn er geen gegevens van gemalen, bedrijven, stortplaatsen en riooloverstorten.

## 8. Aanbevelingen

Een aantal emissiebronnen kan verder onderzocht worden, zoals:

- **Atmosferische depositie:** In de literatuur worden veel verschillende cijfers gegeven voor atmosferische depositie. Onder andere hierdoor zijn de berekende emissies uit atmosferische depositie in het algemeen minder betrouwbaar. Wanneer nieuwe gegevens beschikbaar komen, kunnen de cijfers voor atmosferische depositie opnieuw berekend worden.
- **Gemalen:** De gemalen hebben over het algemeen een groot aandeel in de belasting van de bekkens. Bij de gemalen wordt al het water uitgeslagen uit gebieden onder beheer van de waterschappen. Het is een verzameling van waterstromen uit de RWZI's, landbouw, regenwater, lozingen van bedrijven, enzovoort. Om beter inzicht te krijgen in welk aandeel de deelstromen hebben, kunnen de door het Waterschap Zeeuwse Eilanden berekende stofstromen doorberekend worden. Deze gegevens kunnen gekoppeld worden aan de gegevens van Rijkswaterstaat en die van andere waterschappen.
- **Riooloverstort:** Bij hevige neerslag kunnen de afvalwaterzuiveringsinstallaties soms niet alles verwerken. Via overstorten worden de overtollige hoeveelheden water direct op het oppervlaktewater geloosd. De stoffen die hiermee worden geloosd, zijn moeilijk te kwantificeren.
- **Bedrijven:** De bekende emissies door bedrijven betreffen voornamelijk de Westerschelde. Van andere bedrijven, die lozen op rijkswateren, zijn de emissies van probleemstoffen niet bekend, zoals bijvoorbeeld van schelpdierbedrijven.
- **Terreinen:** Van terreinen direct aan het water wordt niet overal het regenwater via een riolering afgevoerd. Waar het water direct naar het oppervlaktewater afspoelt, spoelen diverse stoffen van de terreinen mee.
- **Vuurwerk:** Bij het afsteken van vuurwerk komen metalen in het water. Deze bron is niet onderzocht. Waar vuurwerk op of aan het water wordt afgestoken kunnen de concentraties hoog oplopen.
- **Andere wateren:** De gegevens over toevoer vanuit kanalen en rivieren zijn niet compleet. Een aantal stoffen, zoals TBT en PCB's worden niet of nauwelijks gemeten in het water. Het verdient aanbeveling om vooral de probleemstoffen alsnog in monitoringsmetingen op te nemen. De rivieren en kanalen kunnen grote bronnen van uiteenlopende stoffen zijn, afhankelijk van wat er bovenstrooms in het water terecht komt. Bronnenonderzoek bovenstrooms zou meer inzicht geven in de oorsprong van de stoffen die met het water meekomen.
- **Oevermaterialen:** De gebruikte materialen op de oevers en kunstwerken logen uit. Plaatselijk kunnen hierdoor de concentraties van arseen e.d. hoog zijn. Er is hiervan slechts een beperkt aantal gegevens beschikbaar.
- **Uitwisseling met de bodem:** In de bodem zijn in de loop der tijd veel stoffen opgeslagen. Door bewegingen, veroorzaakt door onder andere wind en schepen, kunnen deze opgeslagen stoffen weer in het water komen. Nadat emissies naar de waterbodem zijn gestopt kan de bodem nog lang naleveren. Het RIZA geeft aan dat beschikbare modellen geen goed beeld geven van deze re-emissies.

- Baggeren: Bij het baggeren wordt materiaal van de bodem opgewerveld. Verschillende stoffen komen op die manier weer in de waterfase. Er zijn baggermethoden die de opwervelingen beperken. De hoeveelheden stoffen die op deze manier weer in het water komen zijn moeilijk te kwantificeren.
- Morsingen: Als er stoffen worden overgeslagen van het ene schip naar de andere of naar de wal, worden er stoffen gemorst. Ook worden stoffen vanaf schepen gedumpt. De hoeveelheden stoffen die op deze wijzen in het water terecht komen, zijn slecht kwantificeerbaar.
- Uitlaatgassen van scheepvaart: De hoeveelheden metalen die via uitlaatgassen in het water terechtkomen wordt door TNO op enige tientallen kilo's per stof geschat.
- Andere ontbrekende gegevens: In hoofdstuk 5 zijn een aantal ontbrekende gegevens vermeld. *Er zullen wellicht nog andere bronnen zijn, die niet aan bod zijn gekomen.*
- Andere probleemstoffen: Behalve de in dit rapport en voorgaande rapporten behandelde stoffen zijn er nog meer probleemstoffen. Deze stoffen overschrijden het MTR en/of de SW in mindere mate, maar ze hebben wel een negatieve invloed op de kwaliteit van het water.

Bij verder onderzoek zou rekening gehouden moeten worden met de trends van de stoffen. Als bijvoorbeeld door saneringen de concentraties van bepaalde stoffen dalen, is de prioriteit voor de toekomst ook lager. De grootste aandacht moet uitgaan naar stoffen, waarvan de concentraties in de loop der jaren gestegen zijn. Ook ontwikkelingen bij de bronnen van de emissies moeten gevolgd worden.

Tot slot is het aan te bevelen om te proberen de balansen van de stoffen te sluiten. Hierbij zullen ongetwijfeld nog een aantal missende schakels aan het licht komen.

## 9. Literatuur

- [Baart, 1995] Baart, Drs.A.C., et.al., *Calculation of atmospheric deposition of contaminants on the North Sea*, TNO-MEP-R95/138, Delft, 1995.
- [Botterweg, 1996] Botterweg, J., *Toxicologie en lozingsvergunningen*, RIZA-handboek nr.96-045, 1996.
- [CUWVO, 1997], Commissie Integraal Waterbeheer, *Handreiking, Regionale aanpak diffuse bronnen*, CIW/CUWVO, werkgroep VI, 1997.
- [Deayaldeen, 1995] Deayaldeen, S., Arens, E., van Eck, B., *Belasting Westerschelde met stoffen uit de scheepvaart*, RIKZ/AB95.880x, 1995.
- [Evers, 1995] Evers, E.H.G., et al, *Butyltinverbindingen, Een analyse van de problematiek in aquatisch milieu*, WSV RIKZ-95.007, 1995.
- [Hendriks, 1997] Hendriks, K., *Aanvoeren, lozingen en afvoeren van de Zeeuwse Rijkswateren 1997*, RWS afd. AXB 1999.
- [Kortlandt, 1998] Kortlandt, E., Stronkhorst, J., *Stof tot nadenken, TBT in aangroeiwerende verf op schepen*, brochure Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1998.
- [Moelker, 1999] Moelker, M., Kraijo, G., *Emissie naar het oppervlaktewater 1985-1995 in Zeeland*, RWS rapport AXB 99001, 1999.
- [Oele, 2000] Oele, J.F., *Bronnen van waterverontreiniging in Zeeland*, RWS rapport AXB 2000-1, RWS dir. Zeeland, 2000.
- [Orzessek, 1996] Orzessek, K., van Tilborg, W.J.M., Reimerink, G.H.J., *Corrosiesnelheid van atmosferisch blootgesteld zink*, Termisch verzinken nr.25, 1996.
- [Phernambucq, 1999a] Phernambucq, A.J.W., *Een inventarisatie van bronnen van de diffuse probleemstoffen in de Zeeuwse zoute wateren*, werkdocument RIKZ/AB-99.801x, 1999.\*
- [Phernambucq, 1999b] Phernambucq, A.J.W., *Kwalitatieve inventarisatie van bronnen van diffuse probleemstoffen in de Zeeuwse zoute wateren*, werkdocument RIKZ/AB-99.802x, 1999.\*
- [Raad, 1993] *stofstromen van PCB's's*, RIZA 94007.
- [Ras, 2000] Ras, Willem, *Waterverontreiniging in Zeeland, Brononderzoek naar de grootste probleemstoffen in het Volkerak Zoommeer en het Kanaal van Gent naar Terneuzen*, afstudeerrapport RWS, Middelburg, 2000.
- [STOWA, 1999] Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, *Watervervuiling door motoren van pleziervaartuigen, Een studie naar de omvang van de verontreiniging en de effectiviteit van reducerende maatregelen*, STOWA, Stichting Waterpakt, Utrecht, 1999.
- [Straalen, 1993] Straalen, N.M.van, et. al., *Leerboek oecotoxicologie*, VU Uitgeverij, Amsterdam, 1993.
- [van Starkenburg, 1985] W. van Starkenburg, A.B. van Luin, *Anorganische en organische microverontreinigingen in industrieel afvalwater, een inventarisatie*, RIZA nota 8611, 1985.
- [Venema, 1984] Venema, C., et. al. *PCB's's in het Nederlands aquatisch milieu*, RIZA, 1984.
- [WGO] Gegevens verstrekt door het Waterschap Goeree-Overflakkee.
- [Willemsen, 1996] Willemsen, A., Rooy, M. de, *Diffuse bronnen, feiten en getallen*, Stichting Reinwater, 1996.
- [WVO-info] is een informatie-opslagsysteem voor vergunningen van RWS.
- [WZE] Gegevens verstrekt door het Waterschap Zeeuwse Eilanden.
- [WZV] Gegevens verstrekt door het Waterschap Zeeuws-Vlaanderen.

---

\* Een werkdocument van RIKZ is alleen voor intern gebruik

## 10. Afkortingen

atm.dep	atmosferische depositie
bew.	bewoners
CUWVO	Coördinatiecommissie Uitvoering Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren
dg	dag
drinkw	drinkwater
EF	emissiefactor
EVV	emissieverklarende variabele
Grev.dam	Grevelingendam
ha	hectare
hhw	huishoudelijk water
ligpl.	ligplaats
milj.	miljoen
MTR	maximaal toelaatbaar risiconiveau
mvkm	miljoen voertuigkilometers
pers.	persoon
RWZI	rioolwaterzuiveringsinstallatie
SW	streefwaarde
TNO	Technisch Natuurkundig Onderzoekscentrum
WGO	Waterschap Goeree-Overflakkee
WVV	Waterschap Zeeuws-Vlaanderen
WZE	Waterschap Zeeuwse Eilanden

## 11. Tabellenlijst:

<i>Tabel 1: Prioriteit van stoffen voor de Zeeuwse bekkens.</i>	9
<i>Tabel 2: Input van zink vanuit diverse bronnen in Veerse Meer</i>	20
<i>Tabel 3: Input van arseen vanuit diverse bronnen in Veerse Meer</i>	22
<i>Tabel 4: Input van TBT vanuit diverse bronnen in Veerse Meer</i>	23
<i>Tabel 5: Input van arseen vanuit diverse bronnen in Grevelingenmeer</i>	25
<i>Tabel 6: Input van TBT vanuit diverse bronnen in Grevelingenmeer</i>	27
<i>Tabel 7: Input van PCB's vanuit diverse bronnen in Grevelingenmeer</i>	29
<i>Tabel 8: Input van zink vanuit diverse bronnen in Oosterschelde</i>	31
<i>Tabel 9: Input van arseen vanuit diverse bronnen in Oosterschelde</i>	33
<i>Tabel 10: Input van TBT vanuit diverse bronnen in Oosterschelde</i>	35
<i>Tabel 11: Input van PCB's vanuit diverse bronnen in Oosterschelde</i>	37
<i>Tabel 12: Input van nikkel vanuit diverse bronnen in Westerschelde</i>	40
<i>Tabel 13: Input van zink vanuit diverse bronnen in Westerschelde</i>	43
<i>Tabel 14: Input van arseen vanuit diverse bronnen in Westerschelde</i>	45
<i>Tabel 15: Input van TBT vanuit diverse bronnen in Westerschelde</i>	48
<i>Tabel 16: Input van PCB's vanuit diverse bronnen in Westerschelde</i>	50
<i>Tabel 17: Globale percentages stoffen uit bronnen per bekken</i>	52



## 12. Grafiekenlijst

Grafiek 1: Zink in Veerse Meer.	20
Grafiek 2: Zink in het Veerse Meer.	20
Grafiek 3: Percentages zink in het Veerse Meer.	21
Grafiek 4: Arseen in Veerse Meer.	22
Grafiek 5: Arseen in Veerse Meer.	22
Grafiek 6: TBT in Veerse Meer.	24
Grafiek 7: Arseen in Grevelingenmeer.	25
Grafiek 8: Percentages arseen in het Grevelingenmeer.	26
Grafiek 9: TBT in Grevelingenmeer.	27
Grafiek 10: PCB's in Grevelingenmeer.	29
Grafiek 11: Percentages PCB's Grevelingenmeer.	29
Grafiek 12: Zink in Oosterschelde.	32
Grafiek 13: Zink in de Oosterschelde.	32
Grafiek 14: percentages zink in de Oosterschelde.	32
Grafiek 15: Arseen in Oosterschelde.	34
Grafiek 16: Percentages arseen in de Oosterschelde.	34
Grafiek 17: TBT in Oosterschelde.	36
Grafiek 18: PCB's in Oosterschelde.	38
Grafiek 19: Percentages PCB's in de Oosterschelde.	38
Grafiek 20: Nikkel in Westerschelde.	40
Grafiek 21: Nikkel in de Westerschelde.	40
Grafiek 22: Percentages nikkel in de Westerschelde.	41
Grafiek 23: Zink in de Westerschelde.	43
Grafiek 24: Zink in de Westerschelde.	44
Grafiek 25: Percentages zink in de Westerschelde.	44
Grafiek 26: Arseen in Westerschelde.	46
Grafiek 27: Arseen in de Westerschelde.	46
Grafiek 28: Percentages arseen in de Westerschelde.	47
Grafiek 29: TBT in Westerschelde.	48
Grafiek 30: Percentages TBT in de Westerschelde.	48
Grafiek 31: PCB's in Westerschelde.	50
Grafiek 32: Percentages PCB's in de Westerschelde.	51

## 13. Bijlagen:

- Bijlage 1: Gemalen
- Bijlage 2: RWZI's
- Bijlage 3: Wegen
- Bijlage 4: Scheepvaart
- Bijlage 5: Sluizen

## Bijlage 1: Gemalen

Schouwen - Duiveland						
		jaar	uitg. w. 1000m3	As kg	Ni kg	Zn kg
GM	den Osse	97	9451	48	23	265
GM	Dreischor	95	2626	29	4	0
OS	Prommelsluis	96	25689	136	59	642
OS	Duiveland (Bru)	95	12179	83	26	171
OS	t Sas	95	4257	33	12	31
OS	Zuidhoek	97	1230	5	0	27
			55431	334	123	1135

Tholen en St.Philipsland						
		jaar	uitg. W. 1000m3	As kg	Ni kg	Zn kg
VZM	de Eendracht	97	10203	29	43	735
VZM	van Haften		164	0	0	0
VZM	Drie Grote Polders			0	0	0
OS	de Noord	97	11106	54	36	500
OS	Loohoek	95	3718	31	15	16
OS	de Luyster	97	2889	14	10	150
			28080	128	103	1401

Noord Beveland						
		jaar	uitg. w. 1000m3	As kg	Ni kg	Zn kg
VM	Jaccoba + suatie	96	1207	10	4	16
VM	Willem	96	6902	44	15	90
VM	Adriaan	96	2155	22	5	24
OS	de Valle	96	2792	22	7	28
OS	suatiesluis de Valle		2427	19	6	25
			15483	117	36	182

Walcheren						
		jaar	uitg. W. 1000m3	As kg	Ni kg	Zn kg
VM	Oostwatering	97	5098	56	20	189
VM	Boreel	97	27001	378	181	918
WS	Zuidwatering	96	9889	257	40	336
VM	Kleverskerke	95	2939	28	17	35
	Aalvanger		10	0	0	0
	Muidenberg		207	0	0	0
			45142	719	258	1478

Zuid Beveland West		jaar	uitg. w. 1000m3	As kg	Ni kg	Zn kg
VM	de Piet	97	4590	129	9	75
VM	Muidenweg		446	0	0	0
VM	Jacobpolder		60	0	0	0
VM	Egbert Petruspolder		90	0	0	0
VM	de Piet		750	0	0	0
WS	t Fort		14	0	0	0
WS	Borssele	97	4473	219	13	69
WS	Quarles		1789	0	0	0
WS	Maelstede	95	23592	61	59	448
WS	Groenewege	97	2236	27	5	165
WS	Hellewoud	95	1932	21	4	15
WS	suatiesluis Hellewoud		3600	40	8	29
			43572	497	98	802

Zuid Beveland Oost		jaar	uitg. w. 1000m3	As kg	Ni kg	Zn kg
VM	Oosterland	96	2172	22	7	26
VM	Wilhelmina	96	4600	28	0	49
OS	Goese Meer		772	0	0	0
OS	PJJ Dekker	97	10459	76	29	471
OS	de Moer	97	3253	18	5	329
OS	JA vd Graaff	97	674	8	4	12
	Hogerwaardpolder		267	0	0	0
WS	Waarde	97	3949	47	15	225
WS	Joh Glerum	97	2925	44	0	301
WS	spuisluis Bath suatie	96	6700	34	20	161
			35771	274	80	1574

Zeeuws-Vlaanderen		jaar	uitg. w. 1000m3	As kg	Ni kg	Zn kg
WS	Nummer Een	97	8874	64	34	226
WS	Nieuwe Sluis	97	5838	58	32	299
WS	Westbuitenhaven	97	4368	27	24	89
WS	Campen	97	15060			
WS	Braakman	97	64942	526	175	851
WS	Othene	97	52318	351	162	895
WS	De Paal	97	16771			
			168171	1025	427	2360

GM = Grevelingenmeer  
 OS = Oosterschelde  
 VZM = Volkerak-Zoommeer  
 VM = Veerse Meer  
 WS = Westerschelde

## Bijlage 2: RWZI's

AWZI		jaar	Debiet m <sup>3</sup> /jaar	As kg	Ni kg	Zn kg
OS	Mastgat	1997	1095730	3,8	8	88
VZM	Tholen	1997	757375	3	3	87
OS	Westerschouwen	1997	1492850	5,7	8	159
WS	Walcheren	1997	1279653	19,5	118	778
WS	Waarde	1997	1965160	6,9	31	133
WS	Willem Annapolder	1997	5625380	6	18	261
				44,9	186	1505

RWZI		jaar	Debiet m3/d	As kg	Ni kg	Zn kg	Cu kg	P-tot kg
WS	Bath	1995	101903	64	355	1850	194	115253
WS	Waarde	1995	6981	15	23	130	33	7556
			108884	79	378	1980	227	122809

Industrie		jaar	Ni kg
WS	ACZC	1995	6,66
WS	DOW	1995	96
WS	EPZ	1995	0,5
WS	Hoechst	1995	0,6
WS	Hydro Agri	1995	11
WS	Martens	1995	0,2
WS	OLAZ	1995	7,1
WS	Pechiney	1995	217
			339,06

OS = Oosterschelde  
WS = Westerschelde  
VZM = Volkerak-Zoommeer

### Bijlage 3: Berekening van de belasting door het wegverkeer

Bij de berekeningen voor de bepaling van de vrachten die als gevolg van verkeer in het oppervlaktewater terechtkomen, wordt geen onderscheid gemaakt in vrachten als gevolg van verwaaiing en vrachten als gevolg van runoff. Er wordt een totale vracht berekend. Allereerst wordt het aantal kilometer wegdek bepaald dat binnen een afstand van 50 m van het oppervlaktewater ligt. Hierbij komt, bij aanwezigheid van een berm, 75% van het water met alle vervuiling direct in het oppervlaktewater terecht. Van de overige 25% die in de bodem zakt, komt uiteindelijk 1/5 deel, oftewel 5% van de totale vervuiling, eveneens in het oppervlaktewater terecht. In totaal komt dus 80% van de totale belasting door het verkeer, bij aanwezigheid van een berm, in het oppervlaktewater terecht. Bij bruggen, dammen en kades, waar geen berm is tussen de weg en het water, is de afstroom van verontreinigingen vanuit het verkeer 100% [Oele, 2000]. Om de totale vracht te berekenen wordt het aantal afgelegde voertuigkilometers bepaald voor de wegen die minder dan 50 m van het oppervlaktewater verwijderd zijn.

Bij de berekening van de belasting door het wegverkeer is de situatie voor het Veerse Meer in situ opgenomen en dit diende als referentie voor de andere bekkens. Daarnaast is de afstand bepaald aan de hand van de Grote Provincie Atlas [Atlas, 1995] en zijn de weekdagintensiteiten bepaald door verkeerstellingen van het Wegen Informatie Systeem van de Provincie Zeeland.

De belasting van het oppervlaktewater door het wegverkeer ontstaat door:

- emissies van uitlaatgassen buiten de bebouwde kom
- lekverliezen van motorolie buiten de bebouwde kom
- slijtage van banden van zware vrachtauto's buiten de bebouwde kom
- slijtage van banden van overig wegverkeer buiten de bebouwde kom
- slijtage van het wegdek buiten de bebouwde kom

Naast de emissies door het verkeer zijn er ook emissies van het wegmeubilair zoals vangrails en lantaarnpalen. In de handreiking regionale aanpak diffuse bronnen [CUWVO, 1997] worden de in tabel 1 weergegeven emissiefactoren vermeld voor de bovengenoemde bronnen. In de handreiking wordt soms onderscheid gemaakt in emissiefactoren binnen en buiten de bebouwde kom. In tabel 1 staan alleen de emissiefactoren voor buiten de bebouwde kom vermeld.

Tabel 1: emissiefactoren voor wegverkeer en wegmeubilair

bron	emissiefactor zink [kg/EVV]	emissiefactor nikkel [kg/EVV]	EVV
uitlaatgas	$4,50 \cdot 10^{-3}$	$3,15 \cdot 10^{-4}$	mvkm
lekverlies motorolie	$1,92 \cdot 10^{-3}$	$7,57 \cdot 10^{-6}$	mvkm
slijtage banden vrachtverkeer	0,557	$4,02 \cdot 10^{-3}$	mvkm
slijtage banden overige verkeer	$5,61 \cdot 10^{-2}$	$7,93 \cdot 10^{-4}$	mvkm
slijtage wegdek	$6,41 \cdot 10^{-4}$	$3,66 \cdot 10^{-4}$	onbekend
vangrails	2,03 <sup>#</sup>		lengte weg [km]
lantaarnpalen	0,104		oppervlakte woongebied [ha]

EVV = emissieverklarende variabele

mvkm = miljoen voertuigkilometers

# = volgens de handreiking [CUWVO, 1997] is de emissiefactor 6,3 kg/km. Echter, volgens een artikel in Industrial Systems nr. 251 is door de lagere SO<sub>2</sub> concentratie in de lucht de corrosie van zink verminderd naar 7 tot 9 g/m<sup>2</sup>. De 9 g/m<sup>2</sup> geldt voor een zoute omgeving en wordt dus hier gebruikt. Omgerekend komt dit neer op een emissiefactor van 2,03 kg/km.

Voor de slijtage van het wegdek is de emissieverklarende variabele niet bekend, zodat voor dit onderwerp geen vracht kan worden berekend. Voor de lantaarnpalen wordt een emissieverklarende



variabele opgegeven van oppervlakte woongebied in hectare. Aangezien de in dit rapport berekende wegen niet in een woongebied liggen, kan ook voor deze post geen vracht worden berekend. In de gehanteerde emissiefactoren worden percentages aangehouden voor verontreinigingen die de bodem in gaan, naar het water gaan en naar de lucht gaan. Deze factoren zijn niet gewijzigd voor de verschillende situaties in Zeeland.

In tabel 2 wordt per wegonderdeel aangegeven met welke cijfers de vrachten voor nikkel en zink vanuit het wegverkeer en het wegmeubilair zijn berekend.

*Tabel 2: gehanteerde cijfers voor berekening van vrachten uit wegverkeer en wegmeubilair*

	weglengthe [km]	intensiteit [verkeer/dag]	vracht [%]	vracht [mvkm]	overig verkeer [mvkm]	vangrails [km]	lantaarns [km]	berm [%]
<b>Veerse Meer</b>								
Veersegatdam:	1,5	8200	6	0,27	4,22			80
Zandkreekdiam	0,025	14662	10	0,013	0,12			100
	0,475	14662	10	0,25	2,29	1,5	2	80
<b>Westerschelde</b>								
veerhaven Breskens	0,5	5479	7	0,070	0,93			100
jachthavens Breskens	0,5	384	7	0,0049	0,065			100
pad Hoofdplaat	6	1714	7	0,26	3,49			80
Terneuzen	4	6164	7	0,63	8,37			100
veerhaven Ppolder	0,75	54794	7	1,05	13,9			100
kade Walsoorden	0,25	9864	7	0,063	0,84			100
Sloehaven dijkweg	2	9244	7	0,47	6,28			80
Ramm dijkweg	6	925	7	0,14	1,88	5	0,1	80
<b>Oosterschelde</b>								
Zeelandbrug	5	9862	10	1,80	16,2			100
Oesterdam	10	3242	5	0,59	11,2			100
Oosterscheldekering	3,5	6136	6	0,47	7,37			80
Oosterscheldekering	3,5	6136	6	0,47	7,37			100
langs de oevers	52	1000			19,0	21		80

De mvkm voor vrachtverkeer wordt berekend met de volgende formule:

$$\text{mvkm} = \frac{\text{weglengthe} * \text{intensiteit} * \frac{\text{vracht}\%}{100} * 365}{1 * 10^6}$$

De mvkm voor overig verkeer wordt berekend met de volgende formule:

$$\text{mvkm} = \frac{\text{weglengthe} * \text{intensiteit} * \frac{100 - \text{vracht}\%}{100} * 365}{1 * 10^6}$$

Uiteindelijk kunnen de bijdragen van de verschillende onderdelen worden berekend met de volgende formule:

$$\text{bijdrage} = \text{emissiefactor} * \frac{\text{berm}\%}{100} * \text{waarde van EVV}$$

In tabel 3 worden de resultaten van de berekeningen van het wegverkeer weergegeven.

Tabel 3: resultaten berekening bijdragen van wegen

bron	Veerse Meer zink [kg/jr]	Oosterschelde zink [kg/jr]	Westerschelde zink [kg/jr]	Westerschelde nikkel [kg/jr]
uitlaatgas	0,026	0,27	0,16	0,011
lekverlies motorolie	0,011	0,11	0,069	0,00027
slijtage banden vrachtverkeer	0,24	1,80	1,40	0,010
slijtage banden overig verkeer	0,30	3,14	1,88	0,027
<b>totaal wegverkeer</b>	<b>0,58</b>	<b>5,32</b>	<b>3,51</b>	<b>0,048</b>
vangrails	2,43	34,1	8,12	
<b>totaal wegen</b>	<b>3,01</b>	<b>39,4</b>	<b>11,6</b>	<b>0,048</b>

## Bijlage 4: Berekening van de belasting door de scheepvaart

Emissiefactoren worden gegeven in hoeveelheid per schip per jaar of oppervlakte van een schip. Daarvoor moet eerst het aantal schepen berekend worden dat zich per jaar op de bekkens bevindt. Om het aantal scheepvaartbewegingen te achterhalen is gebruik gemaakt van het samenvattend overzicht van het scheepvaartverkeer door sluisen en bruggen, geleverd door Rijkswaterstaat Directie Zeeland. In het overzicht van RWS wordt onderscheid gemaakt in verschillende scheepstypen zoals weergegeven in tabel 1.

Tabel 1: Scheepstypen

Typen binnenvaartschepen		typen zeeschepen	
1-39 typen	vracht	50-54 typen	zeevracht
40-49 typen	sleepboten	60-69 typen	zeesleper
	vissers		zeevissers
	passagierboten		passagierboten
	veerboten		veerboten
	baggerschepen		baggerschepen
	dienstschepen		dienstschepen

De snelheid waarmee de schepen varen is afhankelijk van het motorvermogen, vracht, grootte, drukte en andere factoren. Om toch een belasting te berekenen zijn vaarsnelheden aangenomen. Voor de binnenvaart en zeevaart is een vaarsnelheid van gemiddeld 15 km/uur vastgesteld [Deayaldeen, 1995]. Emissiefactoren door de scheepvaart zijn gevonden in het rapport *Belasting Westerschelde met stoffen uit de Scheepvaart* en zijn in tabel 2 weergegeven [Deayaldeen, 1995]. Deze emissiefactoren zijn afhankelijk van het soort scheepstype en bij TBT ook van het varen of stilliggen van een schip.

Tabel 1: Emissiefactoren

emissiefactoren voor:	Zeevaart		Binnenvaart		Recreatievaart	
	stil	varen	stil	varen	stil	varen
zink (kg/schip/jr)	8	8	4,8	4,8	0,64	0,64
TBT (g/m <sup>2</sup> /jr)	3,65	14,6	niet gebruikt		niet meer toegestaan	
PAK (kg/schip/jr)	niet gebruikt		1,2	1,2	niet gebruikt	

Om het aantal aanwezige schepen per jaar te berekenen wordt eerst per schip uit de snelheid en de afstand de tijd berekend van aanwezigheid (jaardeel). Dan wordt het aantal sluispassages (of scheepsbewegingen) verrekend met het jaardeel. In tabel 2 wordt dit gedaan voor binnenvaartschepen en in tabel 3 voor zeevaartschepen.

Tabel 2: Varend aanwezige binnenvaartschepen

binnenvaart		gem 15 km/h			aantal			
nummer	van-naar	afst (km)	vaart (h)	jaardeel	t 1-39	t 40-49	type 1-49*	aanwschip/jr
traject 1	Krammersluis-Oostersch kruispnt	18	1,2	0,00014	41782	2627	44409	6,083
traject 2	Oostersch kruispnt-Roompotsluis	25	1,7	0,00019	46	814	860	0,164
traject 3	Oostersch kruispnt-Veere sluis	25	1,7	0,00019	1508	681	2189	0,416
traject 4	Oostersch kruispnt-Oesterdam	20	1,3	0,00015	49	702	751	0,114
traject 5	Oostersch kruispnt-kruispnt WS	20	1,3	0,00015	40274	2627	42901	6,530
traject 6**	kruispnt Westerschelde-Ternouz.	15	1,0	0,00011	52000	2800	54800	6,256
traject 7**	Terneuzen-monding WS	19	1,2	0,00014	19800	6500	26300	3,603
traject 8**	kruispnt WS-Antwerpen	21	1,3	0,00015	25000	1200	26200	3,988
traject 9	Grevelingenmeer	15	1,0	0,00011	142	1166	1308	0,149



Tabel 3: Varende aanwezige zeevaartschepen

zeevaart *		gem 15 m/h			aantal [RWS]			
nummer	van-naar	afst (km)	vaart (h)		t 50-54	t 60-69	type 50-69**	aanwschip/jr
traject 1	Krammersluis-Oostersch kruispnt	18	1,2	0,00014	393	165	558	0,076
traject 2	Oostersch kruispnt-Roompotsluis	25	1,7	0,00019	128	3263	3391	0,645
traject 3	Oostersch kruispnt-Veerse sluis	25	1,7	0,00019	13	53	66	0,013
traject 4	Oostersch kruispnt-Oesterdam	20	1,3	0,00015	0	0	0	0,000
traject 5	Oostersch kruispnt-kruispnt WS	20	1,3	0,00015	252	307	559	0,085
traject 6***	kruispnt Westerschelde-Terneuz.	15	1,0	0,00011	42000	1000	43000	4,909
traject 7***	Terneuzen-monding WS	19	1,3	0,00015	46800	2300	49100	7,100
traject 8***	kruispnt WS-Antwerpen	21	1,4	0,00016	37200	600	37800	6,041
traject 9	Grevelingenmeer	15	1,0	0,00011	0	15	15	0,002

\* schepvaartcijfers WS zijn ongeveer verdubbeld (1990 [Deayaldeen] << 1998 [RWS]).

\*\* hier zijn bagger- en voerscheep niet meegerekend.

\*\*\* op de Westerschelde zijn niet sluispassages maar scheepsbewegingen gebruikt.

WS = Westerschelde

De schepen liggen tijdens laden en lossen een tijd aan de kade. Voor binnenvaartschepen wordt aangenomen dat dit 5 uren zijn en voor zeeschepen dat dit 12 uren zijn. De kadetijd verrekend met het aantal schepen resulteert weer in een aantal aanwezige schepen per jaar. Er wordt hierbij aangenomen dat:

- binnenvaartschepen 1 keer een haven bezoeken tijdens een retourvaart (twee sluispassages) en
- zeevaartschepen 1 maal een haven bezoeken per retourvaart (2 scheepsbewegingen of 2 sluispassages),
- schepen die het Veerse Meer opvaren, doorvaren via het kanaal naar Middelburg en Vlissingen,
- schepen richting Oesterdam de sluis doorvaren, het Zoommeer op,
- zeeschepen richting Roompot de sluis uitvaren, de Noordzee op.

Verder wordt er rekening mee gehouden dat de emissie van de kadetijd in Antwerpen bij de toevoer van de Schelde gerekend is (meetpunt is bij Schaar van Ouden Doel).

Emissies van traject 3 wordt voor  $\frac{1}{5}$  naar de Oosterschelde en voor  $\frac{4}{5}$  naar het Veerse Meer gerekend. Emissies van traject 5 wordt voor  $\frac{3}{4}$  naar de Oosterschelde en voor  $\frac{1}{4}$  naar de Westerschelde gerekend. Bij traject 6 wordt aangenomen dat  $\frac{1}{6}$  deel van de zeevaartschepen aanlegt in de havens. Bij traject 7 wordt aangenomen dat  $\frac{1}{2}$  deel van de zeevaartschepen aanlegt in de havens.

Tabel 4: Liggende aanwezige binnenvaartschepen

traject-nummer	t 1-39	t 40-49	type 1-49	aanwezig schip/jr	aangenomen stellingen: gemiddeld 5 uur liggen.
traject 1	41782	2627	44409	12,7	
traject 2	46	814	860	0,2	
traject 3	1508	681	2189	0,0	varen door naar Mburg/Vliss
traject 4	49	702	751	0,0	varen door naar Zoommeer
traject 5	40274	2627	42901	12,2	
traject 6	52000	2800	54800	15,6	
traject 7	19800	6500	26300	7,5	
traject 8	25000	1200	26200	0,0	emissie Antw. bij vracht Schelde
traject 9	142	1166	1308	0,4	



Tabel 5: Liggend aanwezige zeevaartschepen

traject nummer	t 50-54	t 60-69	type 50-69	aanwezig schip/jr	aangenomen stellingen: gemiddeld 12 uur liggen.
traject 1	393	165	558	0,4	
traject 2	128	3263	3391	0,0	varen de zee op
traject 3	13	53	66	0,0	varen door naar Mburg/Vliss
traject 4	0	0	0	0,0	varen door naar Zoommeer
traject 5	252	307	559	0,4	
traject 6	42000	1000	43000	29,5	
traject 7	46800	2300	49100	33,6	
traject 8	37200	600	37800	0,0	emissie Antw. bij vracht Schelde
traject 9	0	15	15	0,0	

## Zink

Op binnenvaartschepen zitten gemiddeld 15 zinkanodes en op zeevaartschepen gemiddeld 25, dit geeft respectievelijk emissies van 4,8 kg/schip/jaar en 8 kg/schip/jaar.

De emissiefactoren voor zink uit de handreiking [CUWVO, 1997] worden verrekend met de, in tijd gerekend, aanwezige schepen. De berekeningen voor zink van binnenvaartschepen staan in tabel 6 en van zeevaartschepen in tabel 7.

Tabel 6: Zinkemissies van stilliggende en varende binnenvaartschepen

zink	varend aanw	liggend aanw	varend emissie	liggend emissie	totaal emissie	binnenvrt: 15 zinkanodes (4,8 kg/jr)/schip,				
	sch/jr	sch/jr	kg Zn/jr	kg Zn/jr	kg Zn/jr	OS	WS	VM	GM	Aannames:
traject 1	6,08	12,67	29,20	60,83	90,03	90,03				
traject 2	0,16	0,25	0,79	1,18	1,96	1,96				
traject 3	0,42	0	2,12	0	2,12	0,4		1,7		1/5 en 4/5
traject 4	0,11	0	0,55	0	0,55	0,55				
traject 5	6,53	12,24	31,34	58,77	90,11	67,58	22,53			3/4 en 1/4
traject 6	6,26	15,64	30,03	75,07	105,10		105,10			
traject 7	3,60	7,51	17,29	36,03	53,32		53,32			
traject 8	3,99	0,00	19,14	0,00	19,14		19,14			emissie Schelde
traject 9	0,15	0,37	0,72	1,79	2,51				2,51	
totale emissie uit binnenvaart per bekken						160,5	200,1	1,7	2,5	kgZn/jr

Tabel 7: Zinkemissies van stilliggende en varende zeevaartschepen

zink	varend aanw	liggend aanw	varend emissie	liggend emissie	totaal emissie	zeevrt: 25 zinkanodes (8 kg/jr)/schip, zeeschepen zullen nauwelijks aanleggen in kleine havens				
	sch/jr	sch/jr	kg Zn/jr	kg Zn/jr	kg Zn/jr	OS	WS	VM	GM	Aannames:
traject 1	0,08	0,38	0,61	3,06	3,67	3,06				
traject 2	0,65	0,00	5,16	0,00	5,16	5,16				
traject 3	0,01	0,00	0,10	0,00	0,10	0,02		0,08		1/5 en 4/5
traject 4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
traject 5	0,09	0,38	0,68	3,06	3,74	2,81	0,94			3/4 en 1/4
traject 6	4,91	29,45	39,27	39,27	78,54		78,54			1/6 deel haven
traject 7	7,10	33,63	53,81	134,52	191,32		191,32			1/2 deel haven
traject 8	6,04	0,00	46,03	0,00	48,33		48,33			emissie Schelde
traject 9	0,00	0,01	0,01	0,08	0,10				0,10	
totale emissie uit zeevaart per bekken						11,05	319,12	0,08	0,10	kg Zn/jr

In tabel 8 staan de totale zinkemissies van de beroepsvaart voor de Oosterschelde, de Westerschelde, het Veerse Meer en het Grevelingenmeer.

Tabel 8: Totale zinkemissies door beroepsvaart

totale zinkemissies in de bekken:	OS	WS	VM	GM
door beroepsvaart kg Zn/jr	171,58	519,22	1,78	2,60

## TBT

Voor TBT op zeevaartschepen worden natte oppervlakken van schepen overgenomen uit het rapport van Deayaldeen [1995]. Per type wordt het aantal aanwezige schepen per jaar verrekend met het natte oppervlak van het type. Daarna wordt dit verrekend met de emissiefactoren uit de handreiking [CUWVO, 1997].

Tabel 9: TBT-emissies van zeevaartschepen.

Tabel 2: TBT-emissies van zeevaartschepen															
traject- nummer	aanw/jr varend		aanw/jr liggend		natopp (m <sup>2</sup> )		varend kg/jr (14,6g/m <sup>2</sup> )		liggend kg/jr (3,65 g/m <sup>2</sup> )		totaal	per bekken			
	50-54	60-69	50-54	60-69	50-54	60-69	50-54	60-69	50-54	60-69	50-69	OS	voor	VM	GM
traject 1	0,056	0,024	0,538	0,226	5300	500	4,34	0,17	10,41	0,41	15,34	15,34	WS		
traject 2	0,026	0,652	0,000	0,000	5300	500	1,98	4,76	0,00	0,00	6,74	6,74	worden		
traject 3	0,003	0,011	0,000	0,073	5300	500	0,20	0,08	0,00	0,13	0,41	0,08	emissies	0,33	
traject 4	0,000	0,000	0,000	0,000	5300	500	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		van		
traject 5	0,043	0,053	0,345	0,421	5300	500	3,34	0,38	6,68	0,77	11,17	8,38	Deayal-		
traject 6	4,795	0,114	57,534	1,370	5300	500	371,00	0,83	1113,00	2,50	1487,33		deen		
traject 7	6,678	0,328	64,110	3,151	5300	500	516,75	2,40	1240,20	5,75	1765,10		over-		
traject 8	6,370	0,103	0,000	0,000	5300	500	492,90	0,75	0,00	0,00	493,65		ge-		
traject 9	0,000	0,002	0,000	0,021	5300	500	0,00	0,01	0,00	0,04	0,05		nomen		0,05
totale emissies TBT kg/jr per bekken:												30,53	3749	0,33	0,05

Voor TBT op vissersboten worden de natte oppervlakken en de aantallen overgenomen die in het rapport van Oele [2000] zijn berekend. Het percentage TBT in de antifouling is 6%. De uitloogsnelheid van TBT is dan 1,0 mg/cm<sup>2</sup>/dag, wat neerkomt op 3,65 g/m<sup>2</sup>/jr. De gebruikte formule is: nat oppervlak = lengte \* (breedte + diepte).

Tabel 10: De uitloogcijfers per ligplaats per boottype.

Type boot	lengte [m]	breedte [m]	nat oppervlak [m <sup>2</sup> ]	uitloog TBT [kg/ligplaats/jr]
palingvisser	19,4	3,6	89	0,32
sportvisser	26,1	4,8	151	0,55
mossel/kokkelvisser	34,3	7,6	295	1,08

Tabel 11: De aantallen boten van elk type per bekken.

Bekken	mossel/kokkelvissers	palingvissers	sportvissers
Oosterschelde	150		30
Westerschelde	33		
Grevelingenmeer	2	7	3
Veerse Meer		3	

Het uitloogcijfer per ligplaats per boottype verrekend met de aantallen per boottype geeft de emissies voor de bekken.

Tabel 12: De emissies van TBT van de vissersboten per bekken.

Bekken	Oosterschelde	Westerschelde	Grevelingenmeer	Veerse Meer
TBT emissie/jr	178,2	35,6	6,1	1

## PAK

PAK zijn in het rapport van Oele [2000] behandeld. Daarbij zijn geen berekeningen gemaakt voor scheepvaart. Deze cijfers zijn later beschikbaar gekomen.

PAK-houdende coatings worden vooral op de binnenvaartschepen gebruikt. In tabel 13 staan de emissies van de PAK Fluorantheen en in tabel 14 die van de PAK Benzo(a)pyreen.

Tabel 13: De emissies van Fluorantheen per bekken.

PAK Flu		varend	liggend	totaal	OS	WS	VM	GM
nummer	aanwschip/jr	1,2 kg/s	1,2 kg/s	kg Flu/jr	kg Flu/jr	kg Flu/jr	kg Flu/jr	kg Flu/jr
traject 1	6,337	7,60	30,42	38,02	38,02			
traject 2	0,172	0,21	0,59	0,80	0,80			
traject 3	0,437	0,52	1,50	2,02			2,02	
traject 4	0,129	0,15	0	0,15	0,15			
traject 5	7,346	8,82	29,38	38,20	30,56	7,64		
traject 6	6,256	7,51	37,53	45,04		45,04		
traject 7	3,753	4,50	18,01	22,52		22,52		
traject 8	4,486	5,38	0	5,38		5,38		
traject 9	0,149	0,18	0,90	1,08				1,08
totale emissie van de PAK Fluorantheen per bekken in kg/jr:					69,53	80,58	2,02	1,08

Tabel 14: De emissies van Benzo(a)pyreen per bekken.

PAK BaP		varend	liggend	totaal	OS	WS	VM	GM
nummer	aanwschip/jr	0,47 kg/s	0,47 kg/s	kg BaP/jr	kg BaP/jr	kg BaP/jr	kg BaP/jr	kg BaP/jr
traject 1	6,337	2,98	11,91	14,89	14,89			
traject 2	0,172	0,08	0,23	0,31	0,31			
traject 3	0,437	0,21	0,59	0,79			0,79	
traject 4	0,129	0,06	0	0,06	0,06			
traject 5	7,346	3,45	11,51	14,96	11,97	2,99		
traject 6	6,256	2,94	14,70	17,64		17,64		
traject 7	3,753	1,76	7,06	8,82		8,82		
traject 8	4,486	2,11	0	2,11		2,11		
traject 9	0,149	0,07	0,35	0,42				0,42
totale emissie van de PAK Benzo(a)pyreen per bekken in kg/jr:					27,23	31,56	0,79	0,42

In het rapport van Oele [2000] zijn berekeningen gemaakt voor PAK in het Grevelingenmeer en de Oosterschelde. Als de cijfers uit de tabellen 14 en 15 bij de cijfers uit dat rapport worden gehouden, blijkt dat de emissies van PAK in het Grevelingenmeer door de binnenvaart ongeveer de helft is van de emissies door de recreatievaart (BaP: 6 % en Flu: 15 %). In de Oosterschelde is de emissie van Benzo(a)pyreen ongeveer de helft van de grootste bron (atmosferische depositie 60 kg/jr) en de emissie van Fluorantheen is ongeveer gelijk aan die van de grootste bron (atmosferische depositie 70 kg/jr). De binnenschepen hebben dus een grote invloed op de belasting van het oppervlaktewater. In hoeverre deze cijfers actueel zijn is onduidelijk. In 1996 is in het kader van OSPAR voor Nederlandse schepen normen gesteld voor de gehalten aan PAK in coatings. Hierin wordt onder andere gesteld dat er niet meer dan 150 mg/kg Fluorantheen in mag zitten en niet meer dan 50 mg/kg van een sommatie van 6 PAK waaronder Benzo(a)pyreen. Het is onzeker hoeveel PAK de coatings bevatten van schepen die uit het buitenland op de Nederlandse wateren komen.

## Bijlage 5: Sluizen

### Zinkanodes aan sluisdeuren

<b>Westerschelde</b>	object	kg Zn	jaar	kg/jr
Bath Spui	spuisluis	858	8	107,25
Hansweert	middensl.	8.744	10	874,40
	schutsl1	535	10	53,50
	schutsl3	535	8	66,88
	schutsl	12.894	8	1.611,75
Vlissingen	kl.schut1	1.236	8	154,50
	kl.schut2	1.236	8	154,50
	kl.schut4	780	8	97,50
	kl.schut5	1.129	8	141,13
	kl.schut6	1.129	8	141,13
	kl.schut7	275	8	34,38
	kl.schut8	275	8	34,38
	gr.schut1	910	10	91,00
	gr.schut4	910	10	91,00
	binnkeer1	913	10	91,30
	binnkeer2	913	10	91,30
	binnkeer3	817	8	102,13
	binnkeer4	817	8	102,13
	buitkeer3	1.200	8	150,00
uitloging sluizen Westerschelde totaal:				<b>4.190</b>
Terneuzen	alle deuren aluminiumanodes			
	Wel gegalvaniseerde roosters			

<b>Oosterschelde</b>	object	kg Zn	jaar	kg/jr
Bergdiep	sluis	1140	8	142,50
Krammer	duwvaart	12580	8	1.572,50
	in/uitlaat	9072	8	1.134,00
	ondrolw	2496	8	312,00
	afdicht	1280	15	85,33
	jachtsl*	500	10	50,00
Roompot**	roldeur	6745	8	843,13
	onderrolw	1864	8	233,00
uitloging sluizen Oosterschelde totaal:				<b>3.300</b>

<b>Grevelingenmeer</b>	object	kg Zn	jaar	kg/jr
Bruinisse	schutsl	5520	8	690,00
uitloging sluizen Grevelingenmeer totaal:				<b>690</b>

<b>Veerse Meer</b>	object	kg Zn	jaar	kg/jr
Veere	sluis*	800	8	100
Zandkreek	sluis	8436	10	844
uitloging sluizen Veerse Meer totaal:				<b>944</b>
Zandkreek	1999 start deklaag aluminium			