

Factsheet Emissies van Coatings bij Zeescheepvaart en Visserij

Versie 3, 02.2007

februari 2007

Auteurs:

J. Hulskotte, H. Oonk

TNO-Bouw en Ondergrond

B. van Hattum

VU-IVM

Inhoudsopgave

| | | |
|-----------|---|-------------|
| 1 | Inleiding en scope | 1–1 |
| 2 | Emissiebron | 2–1 |
| 2.1 | Oorzaken | 2–1 |
| 3 | Berekeningswijze | 3–1 |
| 3.1 | Emissieverklarende variabele en emissiefactor | 3–1 |
| 3.2 | Nat scheepsoppervlak | 3–1 |
| 3.2.1 | Berekening oppervlakten op basis van volume | 3–3 |
| 3.3 | Uitloogsnelheden | 3–5 |
| 4 | Emissieverklarende variabele | 4–1 |
| 4.1 | Bepaling met behulp van statistische gegevens | 4–1 |
| 4.2 | Tijdreeks vanaf heden tot 2027 | 4–2 |
| 4.3 | Jaarlijkse bepaling | 4–4 |
| 5 | Aard van de emissiebron | 5–1 |
| 6 | Emissiefactoren | 6–1 |
| 6.1 | Emissiefactoren varend | 6–1 |
| 6.2 | Emissiefactoren in havens | 6–1 |
| 6.3 | Toepassingspercentages | 6–2 |
| 6.4 | Tijdreeks van 1990 tot heden | 6–5 |
| 6.5 | Jaarlijkse bepaling | 6–5 |
| 7 | Emissies | 7–1 |
| 7.1 | Emissiecijfers 2004 | 7–1 |
| 7.2 | Emissies van 1990-2005 | 7–2 |
| 7.3 | Prognose van emissies van 2009-2027 | 7–4 |
| 7.4 | Vershil in methode | 7–5 |
| 7.5 | Vershil in cijfers | 7–6 |
| 8 | Kwaliteit van de gegevens | 8–1 |
| 9 | Verbeterpunten methodiek | 9–1 |
| 9.1 | Zwakke punten | 9–1 |
| 9.2 | Belangrijkste verbeterpunten | 9–1 |
| 10 | Regionale opsplitsing | 10–1 |
| 10.1 | Zeeschepen en vissersschepen op NCP | 10–1 |
| 10.2 | Zeeschepen op Nederlands grondgebied | 10–3 |
| 10.3 | Vissersschepen in havens | 10–4 |
| 11 | Referenties | 11–1 |

1 Inleiding en scope

De bron van de emissies is de coating, die is aangebracht op de buitenkant van zeeschepen en vissersschepen. Deze dient de aangroei van organismen tegen te gaan en voor dat doel logen de meeste coatings continu bestrijdingsmiddelen uit.

De emissie wordt binnen de emissieregistratie toegekend aan de doelgroep Verkeer en vervoer. Het gaat om de emissies van TBT, koper en zogenoemde co-biociden (vaak ook boosters genoemd). Deze co-biociden zijn componenten als diuron, irgarol die de aangroeiwerende werking van de coating versterken.

Dit rapport is gebaseerd op een eerdere kwantificering van emissies van coatings bij zeescheepvaart en visserij voor het Nederlands deel van het Continentaal Plat (NCP) en in havens, uitgevoerd in het kader van de Emissieregistratie en Monitoring Scheepvaart (EMS) van de Adviesdienst AVV. De kwantificering in dit rapport kan worden gezien als een update van twee EMS-protocollen:

- EMS-protocol Emissies door Zeescheepvaart en Visserij: Uitloging van coatings op het NCP (Meijerink, 2003a);
- EMS-protocol Emissies door Zeescheepvaart en Visserij: Uitloging van coatings in havens (Meijerink, 2003b);

De kwantificering van emissies voor NCP en havens is hier in één rapport geïntegreerd. De methode van kwantificering verschilt echter wel, met als gevolg dat dit onderscheid nog veelvuldig in dit rapport gemaakt zal worden.

In deze kwantificering zijn enkele aanbevelingen voor verbetering van emissieschatting uit bovengenoemde protocollen doorgevoerd. Daarnaast zijn enkele nieuwe inzichten verwerkt. De belangrijkste wijzigingen ten opzichte van de protocollen zijn:

- De berekening van het nat scheepsoppervlak (WSA) is verbeterd, waarbij voor ieder afzonderlijk schip in de Nederlandse wateren een WSA is berekend. Hierbij wordt rekening gehouden met gedeeltelijke belading van de schepen;
- Voor het NCP is een verkeersdatabase aangemaakt, op basis van het Lloyds verkeersbestand. Op basis hiervan en het WSA per schip is het totaal WSA berekend dat gemiddeld aanwezig is in de Nederlandse wateren;
- Emissiefactoren van de coatings zijn herzien. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen emissies bij varen en emissies bij stilliggen;
- Naast een historische ontwikkeling van emissies wordt een prognose gegeven van emissies tot 2027;
- De emissies zijn geregionaliseerd per waterlichaam dat is vastgesteld voor de Kaderrichtlijn water (KRW-gebieden). In dit

protocol wordt wel de methode voor de regionalisatie beschreven doch het resultaat van de regionalisatie is als een afzonderlijke database opgeleverd.

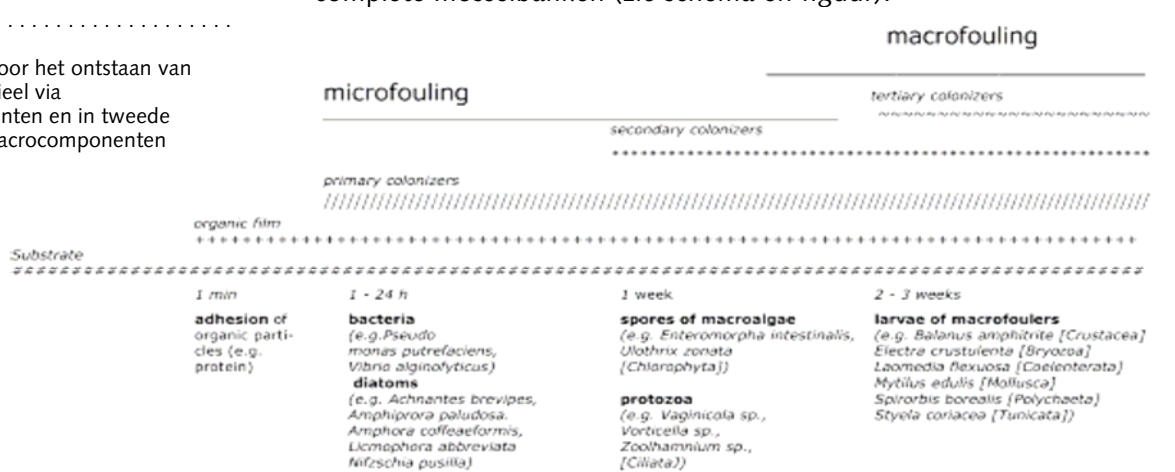
2 Emissiebron

2.1 Oorzaken

Biofouling op scheepshuiden

Op een scheepshuid in een marine omgeving zet zich vrijwel onmiddellijk een laag bacteriën af. Dit is een substraat waarop o.a. algen kunnen groeien. Deze laag algen is op haar beurt weer een voedingsbodem voor allerlei grotere organismen (zoals o.a. zeepokken), waardoor de scheepshuid uiteindelijk overwoekerd kan worden door complete mosselbanken (zie schema en figuur).

Schema 1
Mechanisme voor het ontstaan van biofouling, initieel via microcomponenten en in tweede instantie via macrocomponenten



Figuur 1
Extreme vormen van biofouling op de scheepshuid



Deze biofouling leidt tot versnelde corrosie van de scheepshuid en verhoogt de vaarweerstand waardoor vaarsnelheden afnemen en het brandstofverbruik toeneemt.

TBT-houdende antifouling coatings

Om biofouling tegen te gaan wordt antifouling toegepast. In vroeger tijden werden de scheepshuiden met koper afgeschermd. Sinds eind jaren '60, begin jaren '70 van de vorige eeuw kwam toepassing van TBT (tributyltin)-houdende coatings in zwang. Dit bleek een betaalbare en zeer effectieve manier om biofouling tegen te gaan en al snel werd het merendeel van de zeevarende schepen uitgerust met TBT-

houdende coatings. TBT combineert goede antifouling eigenschappen met goede verfeigenschappen omdat het kan worden gecopolymeriseerd met een verven op acrylbasis. Onder invloed van zeewater hydrolyseert (ontleedt) de verf langzaam, waardoor TBT geleidelijk aan vrijkomt. Deze eigenschap wordt zelfslijpend genoemd en door meer of minder hydrofiele/hydrofobe (waterminnend of -afstotende) groepen in de acrylstructuur te bouwen kan de snelheid van vrijkomen van TBT nauwkeurig worden geregeld. TBT-houdende coatings bleken voldoende activiteit te behouden tijdens de 5 jaar tussen de voorgeschreven droogdokwerkzaamheden.

In de jaren negentig werd echter duidelijk dat TBT onverwachte en verontrustende neveneffecten had en werd TBT in steeds meer regio's geweerd. In 2001 is door IMO (International Maritime Organisation) een verdrag ondertekend dat nieuwe toepassing van TBT wereldwijd vanaf 2003 en het varen met schepen met TBT-houdende coatings vanaf 2008 verbiedt. Dit verdrag is door veel deelnemende lidstaten, waaronder Nederland, momenteel (2007) echter nog niet geratificeerd. In Europees verband is inmiddels EU-verordening 782/2003 van kracht, welke de toepassing van TBT-houdende coating verbiedt op alle schepen die onder de vlag van één van de EU-lidstaten varen.

De Nederlandse visserijbranche heeft een convenant ondertekend, waarin de afspraak is vastgelegd dat vanaf 2000 geen TBT-houdende coating meer wordt toegepast en vanaf 2003 geen TBT-houdende coating meer aanwezig mag zijn in de actieve toplaag.

Cu-houdende antifouling coatings

Na het bekend worden van het verbod op TBT-houdende coating is de verfproducerende sector aan de slag gegaan met de ontwikkeling van alternatieven. De meeste alternatieven zijn gebaseerd op Cu_2O als actieve component, eventueel aangevuld met ZnO en zogenoemde co-biociden als diuron, irgarol, dichlofluanide en chloorthalonil.

De ontwikkeling van TBT-vrije coating was niet voor de hand liggend. Het bleek toch moeilijk te zijn om tot een coating te komen die zowel goede antifouling-eigenschappen had (werkzaam, gelijkmatige afscheiding van werkzame componenten) als goede verfeigenschappen (goede hechting, mechanisch sterk, bestand tegen afwisselingen van zonlicht en zeewater). Gevolg hiervan is dat alle leveranciers tot andere oplossingen zijn gekomen, waardoor het ook moeilijk wordt om 'TBT-vrije, Cu-houdende coatings' te generaliseren. Diuron en Irgarol waren initieel de meest toegepaste co-biociden, vooral uit kostenoverwegingen. Deze componenten blijken echter moeilijk afbreekbaar in het aquatisch milieu. Producten met diuron en irgarol zijn om die reden in veel landen niet meer toegestaan en ook veel producenten van coatings leveren deze producten niet meer. De regelgeving en toenamebeleid van co-biociden is echter zeer gefragmenteerd (ook binnen de EU zijn er grote verschillen) en is om die reden moeilijk samen te vatten.

Andere ontwikkelingen – non stick coatings

Een nieuwe veelbelovende ontwikkeling is non-stick coatings. Dit zijn zeer gladde coatings, veelal op basis van siloxanen en is tot op zekere hoogte vergelijkbaar met de anti-aanbaklaag van een braadpan. Deze coatings zijn zo glad dat biofouling weinig grip krijgt op de scheepshuid. Tijdens het varen op snelheid spoelt de biofouling van de scheepshuid af. Inmiddels zijn de eerste ervaringen opgedaan met non-stick coatings en deze zijn veelbelovend, vooral bij snelvarende schepen als containerschepen en passagiersschepen. Deze non-stick coatings zitten momenteel in het productenpakket van de meeste belangrijke coatingleveranciers en de implementatie daarvan lijkt succesvol.

3 Berekeningswijze

3.1 Emissieverklarende variabele en emissiefactor

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de berekeningswijze die is toegepast om tot de emissieschatting te komen. Emissies worden uiteindelijk berekend als het product van een emissieverklarende variabele en een emissiefactor.

$$\text{emissie} = \text{emissieverklarende variabele} * \text{emissiefactor}$$

De emissieverklarende variabele is het nat scheepsoppervlak (WSA) in de Nederlandse wateren (in m²) dat gemiddeld op een willekeurig moment aanwezig is. De emissiefactor is de uitloping van TBT, Cu en co-biociden, hier uitgedrukt in µg cm⁻² dag⁻¹.

In de berekeningen wordt de emissieverklarende variabele voor verschillende jaren geschat door rekening te houden met de trend in het natte scheepsoppervlak en de toepassingspercentages van de verschillende technologieën c.q. de verschillende coatingtypen.

$$EVV_{x,c} = EVV_y \times TOEP_{x,c} \times TREND_{xy}$$

Waarbij:

$EVV_{x,c}$ = emissieverklarende variabele van coatingtype (c) in jaar (x)

EVV_y = totaal van emissieverklarende variabele in basisjaar (y)

$TOEP_{x,c}$ = toepassingspercentage van coatingtype (c) in jaar (x)

$TREND_{xy}$ = trendfactor van EVV in jaar x ten opzicht van basisjaar (y)

In de paragraaf methode wordt in algemene zin ingegaan op de gevolgde rekensystematiek. In de hoofdstukken 5, 6 en 7 wordt ingegaan op de emissieverklarende variabelen, de emissiefactoren en de emissies.

3.2 Nat scheepsoppervlak

Wanneer de dimensies van het schip bekend zijn, dan kan het nat scheepsoppervlak worden berekend. Voor deze berekeningen zijn een aantal methoden beschikbaar;

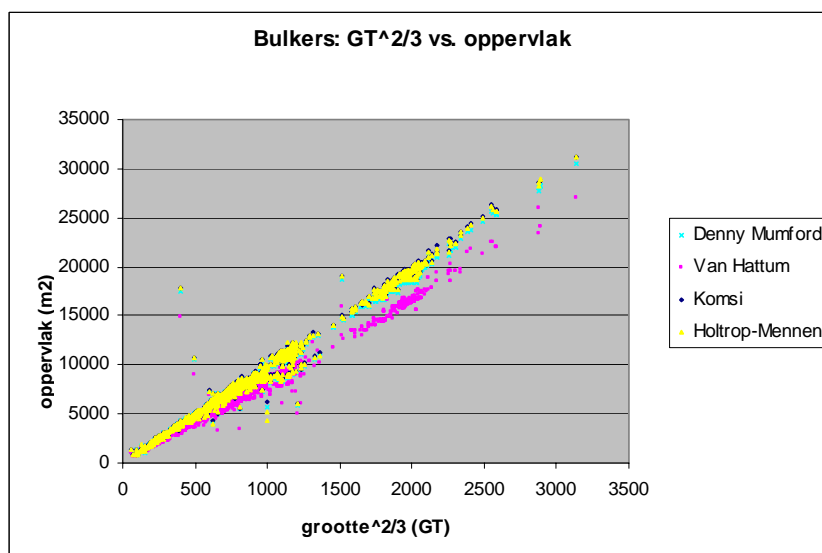
- De formule van Denny-Mumford (Man-Diesel, 2002; Kuiper, 2003ab) werd eind 19^e eeuw afgeleid door Mumford aan de hand van testen met scheepsmodellen in Denny's experimentele (1750 m³ grote) waterbassin in Schotland. Het nat scheepsoppervlak binnen Denny-Mumford wordt berekend

uit de lengte, de diepgang en een blokcoëfficiënt (de verhouding van het werkelijke volume van de romp en het product van lengte x breedte x diepgang);

- De Komsj-vergelijking (Koivisto, 2003; OECD, 2005] is gebaseerd op waarnemingen aan werkelijke schepen in Finland;
- De formule van Holtrop-Mennen (Holtrop, 1977) is de meest recente methode om het nat scheepsoppervlak vast te stellen. Deze formule is gebaseerd op eenzelfde soort metingen als Denny-Mumford, aangevuld met hydrologische theorie. De coëfficiënten in Holtrop-Mennen zijn verkregen door regressieanalyse van model-tests bij MARIN;
- De relatie van van Hattum et al. (2002) is meer een eerste orde benadering van het natte scheepsoppervlak, gebaseerd op een eenvoudig scheepsmodel.

In deze studie zijn de methoden met elkaar vergeleken voor de groep van Bulkcarriers in het Lloyds-register. Het resultaat van de vergelijking staat beschreven in onderstaande figuur, waarin oppervlak de scheepsgrootte wordt uitgedrukt in GT tot de macht 2/3^e.

Figuur 2
Vergelijking van resultaten van diverse methoden om nat scheepsoppervlak vast te stellen voor de groep van bulkcarriers



Tabel 1
Vergelijking van resultaten van diverse methoden om nat scheepsoppervlak vast te stellen.

| | Gemiddeld oppervlak | % van Holtrop Mennen |
|----------------|---------------------|----------------------|
| Denny-Mumford | 9072 | 98% |
| Van Hattum | 7735 | 84% |
| Komsj | 9250 | 100% |
| Holtrop-Mennen | 9223 | 100% |

Voor bulkcarriers lijken de resultaten voor Denny-Mumford, Holtrop-Mennen en Komsj erg op elkaar. Het model van van Hattum wijkt af. Omdat Holtrop-Mennen het best onderbouwd lijkt, het meest recent en goed in overeenstemming met Komsj en Denny-Mumford, wordt toepassing van dit model voorgesteld.

Holtrop-Mennen berekent het nat scheepsoppervlak als volgt:

.....
Formule 1

De Holtrop-Mennen vergelijking

$$WSA = L(2D+W) \times \text{sqrt}(C_M) \times (0,530+0,632C_B-0,360(C_M-0,5)-0,00135L/D)$$

Waarin:

WSA_{max} : nat scheepsoppervlak bij ontwerpdiepgang

D : is ontwerpdiepgang van het schip

L : is lengte van het schip, gemeten tussen loodlijnen

W : grootste breedte van het schip

C_M : de oppervlakscoëfficiënt van de grootste ribbe: het dwarsoppervlak gemeten bij de grootste ribbe van het schip gedeeld door het oppervlak gedefinieerd door B x D bij de grootste ribbe

C_B : de blokcoëfficiënt van het schip: de inhoud van het schip gedeeld door het blok gedefinieerd door L x B x D

Waarden voor C_M en C_B worden voor de verschillende scheepstypen weergegeven in tabel 2.

.....
Tabel 2

Coëfficiënten voor in de Holtrop-Mennen formule

| Scheepstype | C_B | C_M |
|-----------------|-------|-------|
| Lichter | 0,9 | 0,98 |
| Bulk carrier | 0,85 | 0,98 |
| Tanker | 0,85 | 0,98 |
| Algemene lading | 0,75 | 0,95 |
| Containerschip | 0,7 | 0,95 |
| Veerboot | 0,7 | 0,95 |

3.2.1 Berekening oppervlakten op basis van volume

De scheepsmaat die momenteel standaard wordt gehanteerd is het zogenaamde grosstonnage (GT¹).

Als een schip twee keer zo lang wordt, wordt hij meestal ook ongeveer twee keer zo breed en diep. Het verband tussen inhoud en de scheeps lengte is dus een derde macht. Het verband tussen oppervlakten en lengte is een tweede macht. Gevolg van dit alles is dat ook een verband mag worden verwacht tussen oppervlakte en scheepsvolume tot de macht 2/3:

$$WSA_{max} \sim \text{Volume}^{2/3}$$

Waarin WSA_{max} het nat oppervlak is bij ontwerpdiepgang.

Bij verdere uitwerking blijkt dit voor de meeste scheepscategorieën ook op te gaan over een zeer groot domein van scheepsgroottes. Het nat

¹ Scheepsgrootte wordt vaak uitgedrukt in 'gross tonnage' (GT). Dit bruto tonnage wordt berekend als $K * V$, waarbij V het buitenvolume van het schip is en K een correctiefactor, berekend als $0.2 + 0.02^{10} \log V$.

oppervlak kan dus worden uitgedrukt als functie van scheepsgrootte in GT:

Formule 2

Bepaling van nat scheepsoppervlak aan de hand van de scheepsgrootte

$$WSA_{\max} = C \cdot GT^{2/3}$$

De waarde van de constante C verschilt echter wel van vaartuigtype tot vaartuigtype. Tabel 3 geeft een overzicht van de resultaten.

Tabel 3

Berekening van natte scheepsoppervlakten bij volledige belading voor de verschillende scheepstypen

| typenr | Scheepstypen (Samson beschrijving 2006) | oppervlak |
|---------|---|------------------------------------|
| 1 | Tankers (enkel- en dubbelwandig) | $WSA_{\max} = 9,62 \cdot GT^{2/3}$ |
| 2 | Chemicaliëntankers (enkel- en dubbelwandig) | $WSA_{\max} = 9,35 \cdot GT^{2/3}$ |
| | LPG-tankers | |
| 2a | LNG-tankers | $WSA_{\max} = 7,47 \cdot GT^{2/3}$ |
| 3 | Bulkcarriers | $WSA_{\max} = 9,70 \cdot GT^{2/3}$ |
| 4 | Containerschepen | $WSA_{\max} = 8,57 \cdot GT^{2/3}$ |
| 5 | General dry cargo | $WSA_{\max} = 8,76 \cdot GT^{2/3}$ |
| 6 | Passagiersschepen en veerboten | $WSA_{\max} = 5,20 \cdot GT^{2/3}$ |
| 6a | Unitised Roro | $WSA_{\max} = 6,60 \cdot GT^{2/3}$ |
| 7 | Reefers | $WSA_{\max} = 10,2 \cdot GT^{2/3}$ |
| 8, 9, 0 | Divers; bevoorradingsschepen; niet-handelsschepen | $WSA_{\max} = 8,40 \cdot GT^{2/3}$ |
| | Vissereschepen | $WSA_{\max} = 8,63 \cdot GT^{2/3}$ |

3.2.2 Correctie voor onvolledige diepgang

Bovenstaande natte oppervlakten zijn natte oppervlakten bij volledige belading, waardoor ook de ontwerpdiepgang wordt gerealiseerd. In geval van onvolledige diepgang kan het werkelijk nat oppervlak worden berekend uit het werkelijk nat en het percentage diepgang (%T)²:

² Afleiding; de gemiddelde verhouding tussen maximale diepgang (T_{\max}) en scheepsbreedte (B) is 1:2,6. Het maximaal benat oppervlak kan in eerste aanzet worden geschat als $WSA_{\max} = \text{constante} \cdot (2T_{\max} + B) = \text{constante} \cdot (2T_{\max} + 2,6T_{\max}) = \text{constante} \cdot 4,6T_{\max}$. $T_{\max} = WSA_{\max} / (\text{constante} \cdot 4,6)$

Op eenzelfde manier is het werkelijk nat oppervlak (WSA) gelijk aan constante * ($2T_{\max} \cdot \%T + B$) = constante * ($2T_{\max} \cdot \%T + 2,6T_{\max}$) = constante * $T_{\max} (2\%T + 2,6)$.

.....
Formule 3

Correctie voor onvolledige diepgang

$$WSA = WSA_{\max} (2 * \%T + 2,6)/4,6$$

Schattingen van relatieve diepgang voor de verschillende scheepstypen bij aankomst en vertrek zijn verkregen van MARIN (van der Tak, 2006).

3.3 Uitloogsnelheden

De emissiefactor is de uitloogsnelheid van de coating. In deze kwantificering wordt onderscheid gemaakt tussen drie soorten coatings:

- TBT-houdende coatings, welke 2003 veel werd toegepast. TBT-houdende coating bevat ook grote hoeveelheden koper, waardoor voor deze coating ook een Cu-uitloogsnelheid is gedefinieerd. TBT-houdende coating bevat in de regel geen co-biociden;
- Cu-houdende coating. Deze term wordt in deze studie gereserveerd voor TBT-vrije coating, gebaseerd op Cu als primaire component met antifouling werking. Omdat Cu alleen onvoldoende actief is, worden aan deze coatings vaak co-biociden toegevoegd;
- Non-stick coating: een ultragladde coating waar organismen geen grip op krijgen. Tijdens het varen wordt eventuele aangroei weer weggespoeld. Dit is een recente ontwikkeling die succesvol lijkt bij snelvarende schepen.

In de afgelopen jaren is er veel aandacht geweest voor snelheid van uitloging van werkzame componenten in de coating. Een overzicht hiervan is weergegeven in tabel 4.

Combinatie van beide vergelijkingen levert $WSA = WSA_{\max} (2 * \%T + 2,6)/4,6$

Tabel 4
Uitloogsnelheden van verschillende soorten antifouling coating in de literatuur.

| Component | Uitloogsnelheid $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{day}$ | Soort meting | Referentie |
|-----------------|---|--|------------------------------|
| TBT | 0.5 – 2.1 | flume and rotary test system | Thomas et al., 2003 |
| | 1.5 – 4 | ASTM test system | Fisher et al., 1997 |
| | 2.5 | model Marina | Johnson en Luttik, 1994 |
| | 0.1 – 5 | model Harbor | Willingham en Jacobson, 1996 |
| | 1.3 – 3.0 | model ships > 25m | Lindgren et al., 1998 |
| Cu | 4 | model | Stronkhorst, 1996 |
| | 18 – 21 | flume and rotary test system | Thomas et al., 2003 |
| | 25 – 40 | ASTM test system | Johnson en Luttik, 1994 |
| | 49 ± 17 | ASTM Round robin; mean ± SD of 5 labs | Finnie, 2006 |
| | 4 – 6 ^{a)} | modified ASTM test not specified | Berg et al., 1995 |
| | 1-20 | model ships >12m | Hare, 1993 |
| | 8 – 25 | model ships >12m | Lindgren et al., 1998 |
| | 37 – 101 | model ships > 25m | Lindgren et al., 1998 |
| Irgarol | 3.0-6.4 ^{b)} | In-situ leaching rates for naval ships | Finnie, 2006 |
| | 2.6 | flume test system | Thomas, 2001 |
| | 5.0 | ISO test system | |
| | 2 – 16 | model marina | Ciba, 1995 |
| Sea-Nine 211 | 5 | model marina | Scarlett et al., 1997 |
| | 3.0 | flume test system | Thomas, 2001 |
| | 2.9 | ISO test system | |
| Zinc pyrithione | 1 (0.1 – 5) | model harbor | Willingham en Jacobson, 1996 |
| | 2.5 | field and model study | Scarlett et al., 1997 |
| Diuron | 3.3 | ISO test system | Thomas, 2001 |
| | 0.8 | flume test system | Thomas, 2001 |
| Dichlofluaniid | 3.3 | ISO test system | |
| | 0.6 | flume test system | Thomas, 2001 |
| TCMS pyridine | 1.7 | ISO test system | |
| | 0.6 | flume test system | Thomas, 2001 |
| | 3.8 | ISO test system | |

^{a)} na 21 dagen. Gedurende de eerste 21 dagen warden uitloogsnelheden van 7 – 61 $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{dag}$ waargenomen.

^{b)} samenvatting van uitloogsnelheid op werkelijke schepen, bepaald met de dome-methode op 5 schepen met een in-service periode van de verf van <300 - 758 dagen, uit verschillende studies

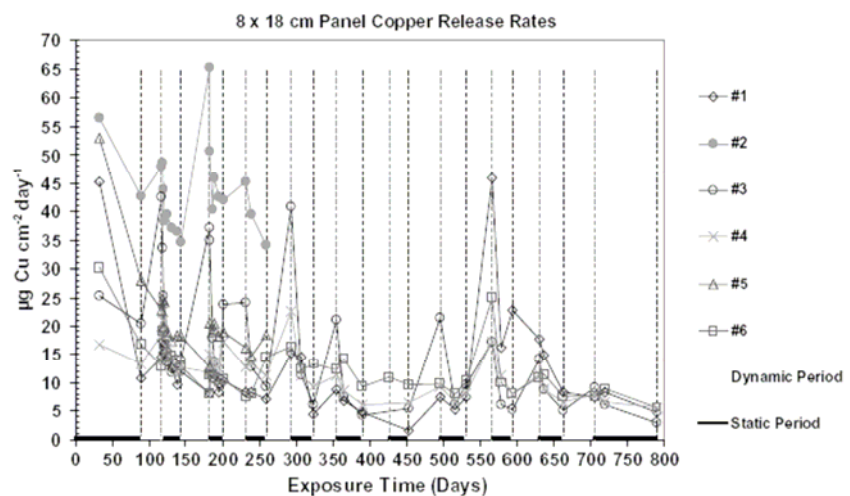
De meetmethoden welke hierbij zijn toegepast zijn niet altijd even goed onderling vergelijkbaar. Ook is de meetmethode niet altijd even representatief voor de uitloging in de praktijk, wat het vaststellen van emissiefactoren bemoeilijkt. Eén van de meest lastige aspecten is dat de uitloging van een coating initieel zeer hoog is, om vervolgens in de loop

van één à twee jaar af te nemen tot een 5-10 keer zo laag niveau. Veel metingen in de literatuur (o.a. de "flume and rotary"³ tests welke gestandaardiseerd zijn door ASTM en ISO) hebben betrekking op de initiële uitloging van een vers aangebrachte coating en zijn dus niet representatief.

Naast deze ASTM/ISO metingen zijn er enkele meer langdurige uitloogexperimenten geweest, waarbij de uitloging van coating gedurende enkele jaren zijn gevolgd. Vaak is dit experiment uitgevoerd in een haven in werkelijk zeewater. Een voorbeeld van een dergelijke test is weergegeven in figuur 3, waarbij verschillende coatings werden aangebracht op een cilinder in de haven van San Diego (Valkirs et al., 2003). De cilinder werd beurtelings een periode gerotereerd en vervolgens stilgezet. Initieel hoge emissies van 16-56 $\mu\text{g Cu cm}^{-2} \text{ dag}^{-1}$ namen al snel af naar waarden van 7-20 $\mu\text{g Cu cm}^{-2} \text{ dag}^{-1}$ en vervolgens langzaam naar waarden van 5-10 $\mu\text{g Cu cm}^{-2} \text{ dag}^{-1}$. Na een dynamische periode bleek de Cu-uitloging hoger dan na een statische periode.

Figuur 3

Ontwikkeling van Cu-uitloging van verschillende coatings onder afwisselende dynamische en statische omstandigheden (Valkirs, 2003).



Ook zijn er een aantal in-situ metingen beschikbaar aan coating van schepen, enkele jaren na het aanbrengen. Tenslotte zijn er massabalansberekeningen beschikbaar: een inschatting van de uitloging op basis van de hoeveelheid aangebrachte coating, de samenstelling en de levensduur van de coating.

Alle meetresultaten overziend lopen vooral voor Cu lopen de resultaten fors uiteen.

- ASTM/IPO flume and rotary tests geven hoge uitloogsnelheden in de orde grootte van 20-50 $\mu\text{g Cu cm}^{-2} \text{ dag}^{-1}$;
- Langduriger tests en massabalansberekeningen geven uitloogsnelheden in de orde grootte van 8-15 $\mu\text{g Cu cm}^{-2} \text{ dag}^{-1}$
- In-situ tests leveren uitloogsnelheden in de orde grootte van 3-6,5 $\mu\text{g Cu cm}^{-2} \text{ dag}^{-1}$.

Bovenstaande overwegingen leiden uiteindelijk tot de emissiefactoren die staan weergegeven in Hoofdstuk 6.

³ Veelal uitgevoerd door coating aan te brengen op een cilinder en deze vervolgens te roteren in kunstmatig zeewater.

3.3.1 Co-biociden in Cu-houdende verf

Voor het inschatten van de aanwezigheid van verschillende antifouling producten op schepen in de Nederlandse wateren is geen direct bruikbare informatie beschikbaar. Informatie over het marktaandeel van een specifiek product is vertrouwelijk en wordt per land alleen gerapporteerd door de verffabrikanten aan de instanties belast met de toelating van een specifiek product.

In *Nederland* zijn op dit moment (2007) 18 verschillende verfproducten toegelaten met naast koper(I)oxide nog 4 andere verschillende actieve ingrediënten (bestrijdingsmiddelen databank CTB www.ctb-wageningen.nl):

.....
Tabel 5

Co-biociden, toegelaten in Nederland

Dichlofluanide

Irgarol

Zinkpyrithion

Zineb

Tussen verschillende *Europese landen* bestaan er grote verschillen in toegelaten producten (Readman, 2006) met per land aanzienlijke verschuivingen in de tijd. Op de website van samenwerkende verffabrikanten en producenten van TBT vervangende middelen (www.antifoulingpaint.com) is een overzicht te vinden van de toelatingseisen voor een aantal belangrijke landen en gebieden. Er zijn geen specifieke gegevens over de productie van antifoulingverven op Europese of wereldschaal beschikbaar via brancheorganisaties zoals CEPE. In de jaaroverzichten van CEPE (www.cepe.org) zijn alleen geaggregeerde gegevens over het totaal van marine coatings beschikbaar. Ook havenautoriteiten hebben geen inzicht in de verschillende producten die worden toegepast op bezoekende schepen.

Op *wereldschaal* zijn vijf bedrijven verantwoordelijk voor ongeveer 90% van de markt voor antifoulingverven (Morrison, 2005): International Paint /Akzo-Nobel (UK), Jotun (N), Hempel (DK), SigmaKalon (NL), Chugoku (Japan). Al deze bedrijven zijn tussen 1999-2003 gestopt met de levering van organotin houdende verven. Door de CEPE is in 1999 een rapportage uitgebracht met een lijst van 26 in gebruik zijnde en kandidaatstoffen voor actieve bestanddelen in antifouling verven (CEPE, 1999). In de praktijk zijn er ca. 10-15 middelen die door de verffabrikanten het meest worden toegepast in de verschillende coatings. Op www.antifoulingpaint.com worden de volgende actieve middelen genoemd naast koper(I)oxide:

.....
Tabel 6

Wereldwijd meest toegepaste co-biociden volgens CEPE

zink- en koperpyrithione (Arch Chemicals Inc. ; handelsnamen: ZPT, CuPT, Omadine),
dichlofluanide en tolylfluanide (Bayer Chemicals),
irgarol (Ciba),
Sea-Nine 211 (Rohm en Haas).

In een recent overzicht van Okamuro and Mieno (2006) is een overzicht gegeven van de mate van toepassing van antifoulingssystemen in *Japan*, waar het IMO verdrag in 2003 is geratificeerd. Door de

Japane Associatie van verffabrikanten (JAPM) is een overzicht gemaakt van 15 op dit moment in Japan naast koper(I)oxide toegelaten middelen in ca 380 verschillende verfproducten:

Tabel 7
Co-biociden, toegelaten in Japan

| | | |
|-------------------------------------|--|--|
| Cu-pyrithion | Diuron | dichlofluanide |
| Zn-pyrithion | Sea-Nine 211 | CuSCN |
| TPBP (Borocide-P) | Irgarol | Ziram |
| TCPM (tris(4-chloro-phenyl)methanol | TPN (2,4,5,6-tetrachloro-isophtalonitrile) | Zineb |
| Thiram | Densil | NACS (naphtalenic acids, copper salts) |

De organische middelen worden vrijwel allemaal gebruikt in combinatie met Cu₂O. In sommige middelen komen combinaties van 1-4 verschillende biociden voor. Op grond van de gegevens van de publicatie van Okamura en Mieno (2006) kan de volgende verdeling worden gemaakt:

Tabel 8 Globale samenstelling Cu-houdende antifouling met co-biociden (aantal is inclusief koper(I)oxide).

| Biociden | aandeel |
|-----------------------|---------|
| Geen biociden | 21 |
| 1 biocide | 60 |
| 2 biociden combinatie | 200 |
| 3 biociden combinatie | 80 |
| 4 biociden combinatie | 19 |

In de Japanse studie is om redenen van concurrentievervalsing geen kwantitatieve informatie gegeven over de verdeling van de verschillende middelen. Voor zover bekend zal Diuron in de meeste landen niet meer worden toegelaten als aangroeiwerend middel. TPBP en TCPM lijken specifiek voor de Japanse markt van belang. TPBP (Borocide-P) zal mogelijk in de toekomst van belang worden, gezien een recente aankondiging van samenwerking van bedrijven (<http://www.archchemicals.com/Fed/BIO/Products/borociddep.htm>). In hoofdstuk 7 worden de biociden vermeld waarvan de emissies bij de emissieberekening worden geschat.

4 Emissieverklarende variabele

4.1 Bepaling met behulp van statistische gegevens

De emissieverklarende variabelen zijn rechtstreeks overgenomen uit de betreffende tabellen van de vorige versies van dit protocol (Meijerink, 2003a en b). Dat betekent dat de natte oppervlakken zijn geschat met behulp van het aantal schepen volgens het CBS en vermenigvuldigd met een gemiddeld oppervlak per schip. Het natte oppervlak in 2004 is in detail berekend uit de geografische bestanden. Voor de afleiding hiervan wordt verwezen naar hoofdstuk 10. Voor het betreffende basisjaar is de uitkomst hiervan als maatgevend beschouwd. De overige emissies zijn hiermee dus geschaald. Het aantal schepen is opnieuw van het CBS overgenomen. Hier uit bleek dat kleine wijzigingen in de bestanden zijn doorgenomen sinds 2003.

Tabel 9
Emissieverklarende variabele (EVV) van
Zeeschepen en Vissersschepen op
Noordzee

| Jaar | NCP Zeeschepen 2004 = 735709 | | | NCP Vissersschepen 2000 = 65551 | | |
|------|------------------------------------|----------------------|-------------|---------------------------------------|----------------------|-------------|
| | Aantal | EVV(m ²) | Trend | Aantal | EVE(m ²) | Trend |
| 1990 | 45920 | 766976 | 1,04 | 639 | 76716 | 1,17 |
| 1993 | 42168 | 704308 | 0,96 | 598 | 71794 | 1,10 |
| 1994 | 43835 | 732151 | 1,00 | 579 | 69513 | 1,06 |
| 1995 | 44056 | 735843 | 1,00 | 563 | 67592 | 1,03 |
| 1996 | 41212 | 688341 | 0,94 | 573 | 68793 | 1,05 |
| 1997 | 41169 | 687623 | 0,93 | 581 | 69753 | 1,06 |
| 1998 | 40924 | 683531 | 0,93 | 557 | 66872 | 1,02 |
| 1999 | 41908 | 699966 | 0,95 | 543 | 65191 | 0,99 |
| 2000 | 42087 | 702955 | 0,96 | 546 | 65551 | 1,00 |
| 2001 | 41698 | 696458 | 0,95 | 540 | 64831 | 0,99 |
| 2002 | 41456 | 692416 | 0,94 | 528 | 63390 | 0,97 |
| 2003 | 42694 | 713094 | 0,97 | 484 | 58107 | 0,89 |
| 2004 | 44048 | 735709 | 1,00 | 473 | 56787 | 0,87 |
| 2005 | 43189 | 721362 | 0,98 | 441 | 52945 | 0,81 |

Tabel 10
Emissieverklarende variable van
Zeeschepen en Vissersschepen
van/in/naar havens

| Jaar | Havens Zeeschepen 2004 = 757087 | | | Havens Vissersschepen 2004 = 128559 | | |
|------|---------------------------------------|----------------------|-------------|---|----------------------|-------------|
| | Aantal | EVV(m ²) | Trend | Aantal | EVE(m ²) | Trend |
| 1990 | 45920 | 789263 | 1,04 | 639 | 173677 | 1,35 |
| 1993 | 42168 | 724774 | 0,96 | 598 | 162533 | 1,26 |
| 1994 | 43835 | 753426 | 1,00 | 579 | 157369 | 1,22 |
| 1995 | 44056 | 757225 | 1,00 | 563 | 153021 | 1,19 |
| 1996 | 41212 | 708343 | 0,94 | 573 | 155739 | 1,21 |
| 1997 | 41169 | 707604 | 0,93 | 581 | 157913 | 1,23 |
| 1998 | 40924 | 703393 | 0,93 | 557 | 151390 | 1,18 |
| 1999 | 41908 | 720305 | 0,95 | 543 | 147585 | 1,15 |
| 2000 | 42087 | 723382 | 0,96 | 546 | 148400 | 1,15 |
| 2001 | 41698 | 716696 | 0,95 | 540 | 146769 | 1,14 |
| 2002 | 41456 | 712537 | 0,94 | 528 | 143508 | 1,12 |
| 2003 | 42694 | 733815 | 0,97 | 484 | 131549 | 1,02 |
| 2004 | 44048 | 757087 | 1,00 | 473 | 128559 | 1,00 |
| 2005 | 43189 | 742323 | 0,98 | 441 | 119862 | 0,93 |

Bovenstaande cijfers zijn opgebouwd uit de totalen van de cijfers voor de Nederlandse zeehavens. Dat totaal is hoger dan het jaartotaalcijfer dat het CBS publiceert, omdat een schip meerder havens kan bezoeken. In bovenstaande cijfers zijn alle bezoeken meegeteld. De gegevens gaan terug tot het jaar 1996. Van eerdere jaren publiceert het CBS geen online gegevens en hiervoor zijn schattingen gemaakt. De volgende havens zijn meegenomen: Amsterdam, Delfzijl en Eemshaven, Dordrecht, Harlingen, IJmuiden, Klundert, Moerdijk, Rotterdam, Scheveningen, Terneuzen, Vlaardingen, Vlissingen, Zevenbergen en Zaanstad.

4.2 Tijdreeks vanaf heden tot 2027

De ontwikkeling van de emissieverklarende variabele (nat scheepsoppervlak) is afhankelijk van 2 factoren:

- ontwikkeling van de scheepsactiviteiten
- ontwikkeling van de scheepsgroote

Scheepsactiviteiten

Een prognose voor de ontwikkelingen van de scheepsbewegingen kan worden gebaseerd op scenario's van CPB. In hun scenariodocument Welvaart en leefomgeving (CPB et al., 2006) wordt een ontwikkeling van de in havens omgeslagen hoeveelheid goederen geschetst. Voor de ontwikkeling van de scheepsbewegingen (in ton.km) wordt aangenomen dat ze lineair afhankelijk is van deze omgeslagen hoeveelheid goederen.

Gekozen wordt voor het Global Economy scenario dat in de periode 2002 tot 2040 voorziet in ruim een verdubbeling van de scheepvaartactiviteiten: 2% groei per jaar.

Voor de visserij wordt een afname verwacht van 50% tot 2040: 2% afname per jaar.

Ontwikkeling scheepsgrootte

De ontwikkeling van scheepsgrootte is van belang voor de ontwikkeling van de uitloging van antifouling. Door een groei van de gemiddelde scheepsgrootte neemt bij gelijkblijvend totaal tonnage het totaal nat oppervlak af, omdat grotere schepen relatief minder oppervlak hebben dat minder grote schepen. De ontwikkeling van scheepsgrootte per scheepstype is gebaseerd op de ontwikkeling van de gemiddelde scheepsgrootte in de afgelopen 20 jaar. Hierbij is vastgesteld dat voor een aantal scheepstypen geen groei is opgetreden, terwijl voor anderen de gemiddelde scheepsgrootte met 20-30% is toegenomen.

- In grootte niet belangrijk toegenomen zijn: Chemicalientankers en olieproducten, bulkcarriers, reefers en diversen, non-merchant. Voor deze schepen wordt aangenomen dat in de komende 20 jaar geen groei in scheepsgrootte optreedt.
- In grootte toegenomen zijn: olietankers, OBO, containerschepen, general dry cargo schepen, veerboten, passagiersschepen en roro's en visserijschepen. Voor deze schepen wordt in de komende twintig jaar een gemiddelde groei in scheepsgrootte van 20% aangenomen.

Ontwikkeling nat scheepsoppervlak:

Combinatie van de groei de scheepsactiviteiten en de gemiddelde scheepsgrootte resulteert in de indexcijfers ten opzichte van 2004 in onderstaande tabel. Het gevolg van een groei in gemiddelde scheepsgrootte is dat uiteindelijk de groei van het WSA wat wordt afgeremd. Grotere schepen hebben per eenheid laadvermogen namelijk wat minder oppervlak dan kleinere schepen.

Tabel 11
Emissie verklarende variabelen voor de jaren 2004 t/m 2027

| jaar | indexcijfer WSA schepen zonder significante groei scheepsgrootte ¹⁾ | Indexcijfer WSA schepen met significante groei scheepsgrootte ²⁾ | indexcijfer WSA visserij- schepen |
|------|---|--|---|
| 2004 | 100 | 100 | 100 |
| 2009 | 110 | 107 | 88 |
| 2015 | 124 | 116 | 76 |
| 2021 | 139 | 125 | 65 |
| 2027 | 156 | 135 | 56 |

1) Chemicalientankers en olieproducten, bulkcarriers, reefers en diversen, non-merchant.

2) Olietankers, OBO, containerschepen, general dry cargo schepen, veerboten, passagiersschepen en roro's en visserijschepen

4.3 Jaarlijkse bepaling

Bron voor jaarlijkse actualisatie

Voor het aantal bezoekende schepen en de omvang van de visserijvloot is het CBS de bron voor de jaarlijkse actualisatie.

De actualisatie van de berekende emissies kan eenvoudig worden uitgevoerd op basis van recente jaarcijfers van het aantal bezoeken zee- en visserij-schepen. Deze cijfers worden jaarlijks gepubliceerd door het CBS.

Beschrijving data-aanvoerroute

De data van het CBS kunnen op twee manieren worden verkregen. De eerste manier is gebruikmaking van de helpdesk van het CBS. Hier kunnen zowel telefonisch als per mail vragen worden gesteld over gepubliceerde cijfers. De andere manier is het gebruikmaken van de database StatLine van het CBS. Deze database is benaderbaar via het internet. De benodigde gegevens komen uit de hoofdgroep "Bedrijfsleven" en vervolgens de groep "Verkeer, vervoer en communicatie", vervolgens de groep "Personen- en goederenvervoer". Selecteer uit deze groep de "zeevaart" en vervolgens "zeevaart, kwartaalcijfers". Om de juiste cijfers te verkrijgen dient in het tabblad "Periodes" de jaartotalen van 1996 t/m 2002 te worden geselecteerd en uit het tabblad "Belangrijkste Nederlandse havens" alle afzonderlijke zeehavens. Kies in het tabblad "Belangrijkste Nederlandse havens" niet voor "Nederland totaal". Daarin zijn de doublures niet meegenomen. Voor de visserijvloot dient de hoofdgroep "Bedrijfsleven" geselecteerd te worden en vervolgens de groep "Landbouw en visserij". Kies daarna voor "Visserij". Selecteer uit deze groep de "Zee- en kustvisserij". Om de juiste cijfers te verkrijgen dient in het tabblad "Onderwerpen" te worden gekozen voor "Vloot" en daarna voor "Aantal schepen". Alle types dienen geselecteerd te worden. Selecteer in het tabblad "Periodes" de gewenste jaren.

Aan het gebruik van de database en de helpdesk zijn geen kosten verbonden. StatLine bevat voor de zeevaart geen cijfers ouder dan 1996. Deze kunnen worden opgevraagd via de informatiedesk.

Bronnen voor actualisatie van geregionaliseerde data

Indien de regionalisatie moet worden geactualiseerd zijn er twee gegevens bronnen nodig:

1. Voor de Nederlandse vaarwegen en havens moet gebruik worden gemaakt van de gegevens uit de database voor berekening van luchtmissies.
2. Voor de actualisatie van de geregionaliseerde gegevens op NCP moet gebruik worden gemaakt van verkeersdatabase bij MARIN.

Voor beide bewerkingen is waarschijnlijk specialistische assistentie noodzakelijk.

Voor de berekening van het onderwateroppervlak op NCP is de verkeersdatabase van het risicomodel SAMSON de bron voor periodieke actualisatie.

Voor het berekenen van het nat oppervlak van de schepen is gebruik gemaakt van de gegevens van de verkeersdatabase van SAMSON. De basisgegevens voor de verkeersdatabase over het jaar 2004 zijn afkomstig van Lloyds. Deze basisgegevens zullen gezien de hoge kosten, slechts periodiek kunnen worden aangekocht. De vernieuwing van de Lloyds-database leidde niet tot grote veranderingen van het natte scheepsoppervlak. De Lloyds-gegevens werden door het MARIN omgewerkt tot een verkeersdatabase. De verkeersdatabase zal in de toekomst worden gebaseerd op AIS-data (waarvan niet zeker is of deze nog bij Lloyds zal moeten worden aangeschaft). De verkeersdatabase is verkrijgbaar bij het MARIN of bij AVV (E. Bolt). Tot nu toe is ongeveer eens per 4 jaar een nieuwe verkeersdatabase opgesteld aan de hand van de Lloyds-database.

5 Aard van de emissiebron

De emissiebron, de coating, heeft het ruimtelijke karakter van een diffuse bron. Als geheel is de emissiebron min of meer te beschouwen als een lijnbron langs de scheepvaartroutes op het NCP, waarvan de sterkte evenredig is met het jaarlijks passerend scheepshuidoppervlak. Daarnaast is de visserij een additionele diffuse bron.

6 Emissiefactoren

6.1 Emissiefactoren varend

Zoals in hoofdstuk 2.4 is beschreven zijn de resultaten van ASTM/IPO flume and rotary tests niet representatief te zijn voor de gemiddelde uitloging in de praktijk. De resultaten van langduriger tests, massabalansberekeningen en in-situ tests lijken dat wel. Om die reden worden de volgende emissiefactoren in deze studie aangehouden.

Tabel 12

Conclusies uitloogsnelheden.
Emissiefactoren als toegepast in deze studie

| Soort coating/component | Uitloogsnelheid in $\mu\text{g Cu cm}^{-2}\text{dag}^{-1}$ |
|-------------------------|--|
| TBT-houdende coating | |
| - TBT | 4 |
| - Cu | 7 |
| Cu-houdende coating | |
| - Cu | 10 |
| - co-biociden | 1,5 |
| non-stick coating | |
| - geen | - |

Na overleg met Nederlandse verffabrikanten en leden van de Antifouling

Working Group van de European Paint Makers Association (CEPE-AFWG) wordt voorgesteld om in eerste instantie uit te gaan van de volgende middelen, en bij gebrek aan kwantitatieve informatie een evenredige verdeling aan te houden als fractie van de co-biociden. Diuron maakt geen deel uit van deze groep van 9 componenten. Volgens verkregen informatie is Diuron vooral toegepast als co-biocide in toepassingen in de recreatievaart.

Tabel 13

Conclusie: co-biociden waarvan in deze studie wordt uitgegaan.

| | | |
|------------------------------|----------------|--------------|
| Zinkpyrithion/Koperpyrithion | Seanine | Tolyfluanide |
| Dichlofluanide | Irgarol | Zineb |
| Koperthiocyanaat | Dichlofluanide | |

Er is geen informatie over het huidige marktaandeel van de verschillende verfsoorten.

6.2 Emissiefactoren in havens

Tijdens het stilliggen is de uitloging van actieve componenten minder dan tijdens het varen. Dit komt doordat stofoverdracht en het mechanisme van zelfslipen van de verf wordt gestimuleerd door langstromend water. De afname van de uitloging in de tijd is echter

afhankelijk van de tijdsduur van stilliggen en wordt opgebouwd in de eerste 10 dagen (Yebra et al., 2006). Dit komt omdat tijdens stilliggen micro-organismen een biofilm blijken op te bouwen op de scheepshuid. De afname van de uitloging bij stilliggen is bovendien sterk afhankelijk van de toegepaste coating. Voor zelfslippende coatings zal het effect bijvoorbeeld groter zijn dan voor coatings die zijn gebaseerd op een ander werkingsmechanisme.

Er zijn geen echte meetgegevens beschikbaar om een schatting van de afname van uitloging bij stilliggen in havens op te baseren. Bij statische perioden van een maand soms meer dan 50% afname ten opzichte van dynamische perioden (Valkirs et al., 2003). Kiil et al. (2002, 2003) komen in simulatie en modelstudies op eenzelfde verschil van ca 50% voor Cu en TBT en melden belangrijk naijl effect op een tijdschaal van enkele dagen.

De meeste grotere schepen liggen echter stil voor veel kortere perioden, dus 50% afname lijkt een te hoge schatting. Om die reden wordt in deze studie een afname van 25% aangehouden. Emissiefactoren voor stilliggen in havens zijn dus geschat op 75%⁴ van de emissies tijdens het varen.

6.3 Toepassingspercentages

Door veranderingen in regelgeving, voortschrijdend milieubewustzijn van verffabrikanten en reders en door technologische vernieuwing van de coating verandert de toepassing van soort coating voortdurend. Een inschatting van de toepassing van de drie soorten coatings in de tijd wordt weergegeven in de figuren 4, 5 en 6.

In 1998 was naar schatting 70% van de toegepaste coating op TBT-basis (Meijerink, 2003; DNV, 1998). Volgens de industrie (ref v. Hattum) was in die periode de 85% van de schepen voorzien van TBT-houdende coating met een lichte afname in het pre-2003 tijdperk. In de periode 1998-2003 stond toepassing van TBT-houdende coatings al ter discussie, met als gevolg dat enkele reders al over stapten op toepassing van Cu-houdende coatings. Greenpeace (2000) meldt dat in 2000 in de havens van Antwerpen, Rotterdam en Hamburg van 6 grote reders twee geheel TBT-vrij waren, twee deels TBT-vrij en 2 nog overall TBT-toepasten (o.a. Maersk). Maersk kondigde in de herfst van 2000 over te stappen naar TBT-vrije coatings is volgens eigen zeggen in 2006 TBT-vrij (Maersk, 2006).

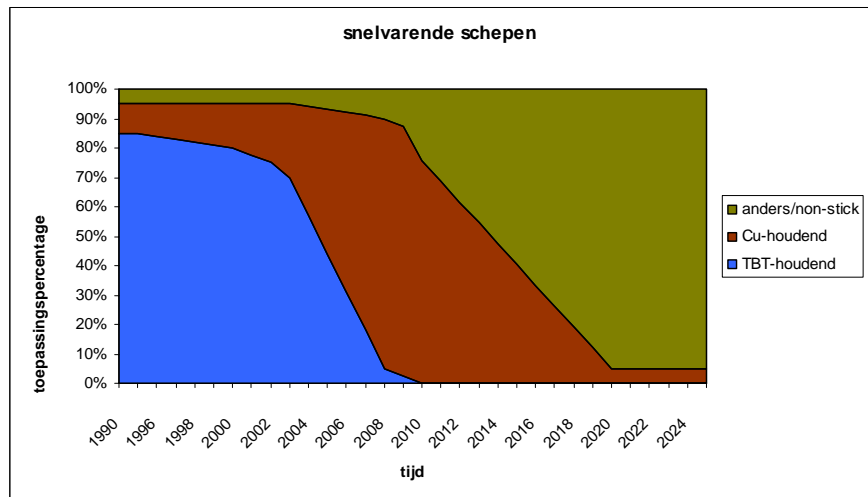
In 2003 ging de wereldwijde ban op TBT-houdende coatings in. Hoewel deze ban momenteel (2007) nog niet wereldwijd is geratificeerd, was dit voor de verfproducerende sector wel een reden om pro-actief alternatieven te ontwikkelen en TBT-houdende coatings uit productie te nemen. Vanaf 2001-2003 werd dus niet of nauwelijks TBT-houdende antifouling meer geproduceerd, waarna aanwezig

⁴ Volgens de industrie is de afname van uitloging mogelijk groter. Ook zij hebben echter geen kwantitatieve informatie beschikbaar.

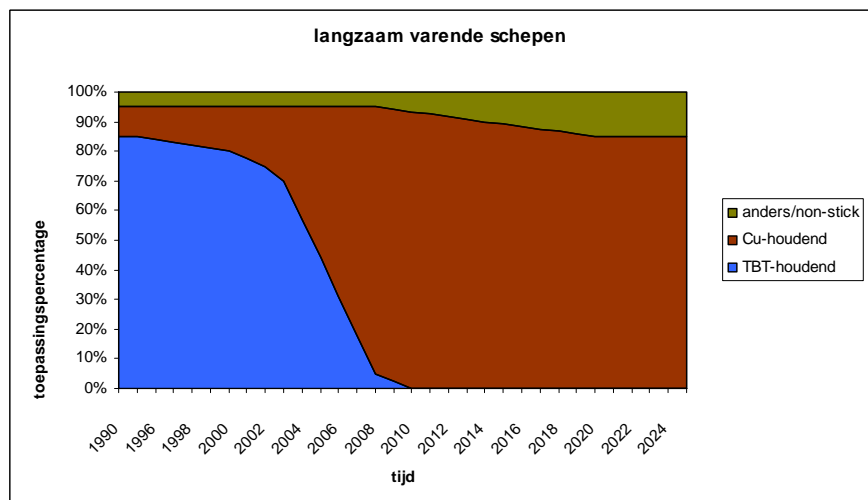
voorraden waarschijnlijk zijn opgebruikt. De levensduur TBT-houdende coatings is ongeveer 3-5 jaar, dus tegen 2008-2010 kan een volledige uitfasering van TBT-houdende antifouling op de scheepshuiden worden verwacht.

Rond 2005 komen de eerste berichten naar buiten dat proeven met non-stick coatings succesvol lijken, vooral op snelvarende schepen. Inmiddels is al zoveel vertrouwen in deze verf opgebouwd dat bijvoorbeeld de Emma Maersk (grootste containerschip) is uitgerust met non-stick coating. Een andere indicatie van het succes van non-stick coatings is dat APL Jeddah is gecertificeerd om te varen met 10 jaar dokinterval met Hempasil. Ook de stijging van brandstofprijzen is een stimulans voor toepassing van non-stick coatings: deze coating is weliswaar wat duurder dan Cu-houdende coatings. Door haar goede antifouling werking levert ze echter een brandstofbesparing op, waardoor de hogere coatingkosten snel worden terugverdiend. Non-stick coatings lijkt dus een succes te worden. Om die reden nemen we aan dat in 2020 95% van alle snelvarende schepen en 15% van de overige schepen uitgerust zijn met non-stick coatings: in totaal is dit 40% van de totale vloot.

Figuur 4
Ontwikkeling van toepassing van verschillende antifouling coatings voor snelvarende schepen en een verwachting voor toekomstige ontwikkelingen.

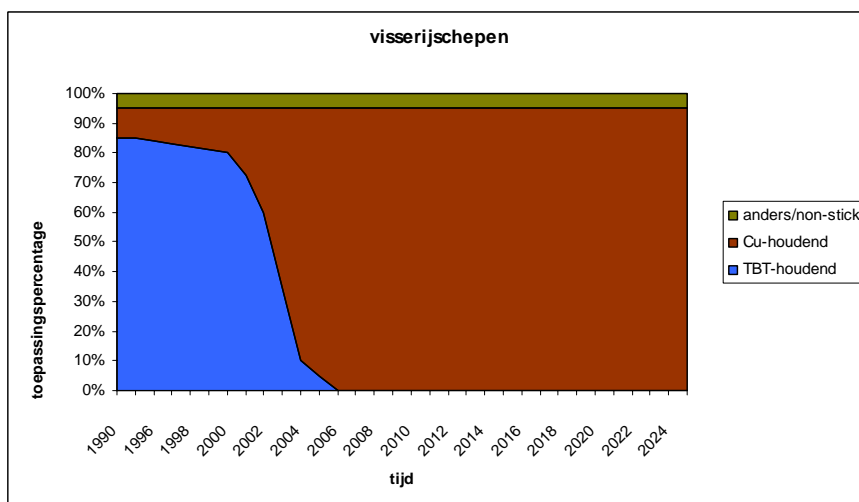


Figuur 5
Ontwikkeling van toepassing van verschillende antifouling coatings voor langzaamvarende schepen en een verwachting voor toekomstige ontwikkelingen.



In de visserij is de overschakeling naar TBT-vrije verven waarschijnlijk sneller verlopen. De Nederlandse visserijbranche heeft een convenant ondertekend, waarin de afspraak is vastgelegd dat vanaf 2000 geen TBT-houdende coating meer wordt toegepast en vanaf 2003 geen TBT-houdende coating meer aanwezig mag zijn in de actieve toplaag (O&C, 2000). Het naleven van deze afspraak is echter niet gemonitord (Meijerink, 2003ab), zodat geen kwantitatieve gegevens bekend zijn over implementatie. Meijerink neemt daarom voor 2001 en 2002 een beperkt effect aan. Gezien de het relatief korte onderhoudsinterval bij vissersschepen en het moeilijk verkrijgbaar zijn van TBT-houdende verf wordt na 2003 een snelle afname van TBT op vissersschepen aangenomen.

Figuur 6
Ontwikkeling van toepassing van
verschillende antifouling coatings voor
visserij schepen en een verwachting voor
toekomstige ontwikkelingen.



6.4 Tijdreeks van 1990 tot heden

Voor de trend in de emissiefactoren is voorlopig geen onderzoek nodig. Het gaat vooral om de mate van toepassing van materialen. In bovenstaande paragraaf is hier de nodige aandacht aan besteed.

6.5 Jaarlijkse bepaling

De toepassingspercentages kunnen voorlopig worden gebruikt zoals hierboven is aangegeven. Het verdient aanbeveling om eens per vijf jaar de ontwikkelingen in het aandeel van de verschillende coatingtypen en bijbehorende emissiefactoren opnieuw te inventariseren.

7 Emissies

7.1 Emissiecijfers 2004

De emissies voor 2004 voor de schepen uit de geregionaliseerde database zijn weergegeven in tabel 14 en tabel 15.

Tabel 14
Emissies door coatings van zeeschepen
in 2004, (kg/jaar)

| Stofnaam | Varend op het NCP | Varend van/naar/in havens | Stilliggend in havens | Eindtotaal |
|----------------------------|----------------------|---------------------------------|--------------------------|------------|
| Koper | 20870 | 4298 | 12895 | 38063 |
| Tribuyltinverbinding en | 6123 | 1260 | 3803 | 11185 |
| Dichlofluamide | 218 | 45 | 134 | 397 |
| Irgarol | 218 | 45 | 134 | 397 |
| Tolyfluamide | 218 | 45 | 134 | 397 |
| Koperthiocyanaat | 218 | 45 | 134 | 397 |
| Seanine-211 (kathon) | 218 | 45 | 134 | 397 |
| Zineb | 218 | 45 | 134 | 397 |
| Zinkpyrithion | 218 | 45 | 134 | 397 |

Tabel 15
Emissies door coatings van
vissersschepen in 2004, (kg/jaar)

| Stofnaam | Varend op het NCP | Stilliggend in havens | Eindtotaal |
|------------------------|----------------------|--------------------------|------------|
| Koper | 1907 | 3241 | 5148 |
| Tribuyltinverbindingen | 83 | 141 | 224 |
| Dichlofluamide | 38 | 64 | 102 |
| Irgarol | 38 | 64 | 102 |
| Tolyfluamide | 38 | 64 | 102 |
| Koperthiocyanaat | 38 | 64 | 102 |
| Seanine-211 (kathon) | 38 | 64 | 102 |
| Zineb | 38 | 64 | 102 |
| Zinkpyrithion | 38 | 64 | 102 |

7.2 Emissies van 1990-2005

In onderstaande tabellen 16 t/m 20 staan de emissies door coatings op zeeschepen en vissersschepen voor de jaren 1990 t/m 2005 voor zowel NCP als de Nederlandse havens en vaarwegen.

.....
.....
Tabel 16
Emissies door coatings van zeeschepen op NCP in de periode 1990-2005, (kg/jaar)

| Stofnaam | 1990 | 1995 | 2000 | 2003 | 2005 |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Koper | 19489 | 18698 | 18245 | 19286 | 21416 |
| Tribuyltinverbindingen | 9518 | 9132 | 8211 | 7288 | 4634 |
| Dichlofluanide | 60 | 58 | 83 | 140 | 286 |
| Irgarol | 60 | 58 | 83 | 140 | 286 |
| Tolyfluanide | 60 | 58 | 83 | 140 | 286 |
| Koperthiocyanaat | 60 | 58 | 83 | 140 | 286 |
| Seanine-211 (kathon) | 60 | 58 | 83 | 140 | 286 |
| Zineb | 60 | 58 | 83 | 140 | 286 |
| Zinkpyrithion | 60 | 58 | 83 | 140 | 286 |

.....
.....
Tabel 17
Emissies door coatings van zeeschepen varend van/naar/in havens in de periode 1990-2005, (kg/jaar)

| Stofnaam | 1990 | 1995 | 2000 | 2003 | 2005 |
|------------------------|------|------|------|------|------|
| Koper | 4009 | 3847 | 3754 | 3968 | 4415 |
| Tribuyltinverbindingen | 1958 | 1879 | 1689 | 1499 | 953 |
| Dichlofluanide | 12 | 12 | 17 | 29 | 59 |
| Irgarol | 12 | 12 | 17 | 29 | 59 |
| Tolyfluanide | 12 | 12 | 17 | 29 | 59 |
| Koperthiocyanaat | 12 | 12 | 17 | 29 | 59 |
| Seanine-211 (kathon) | 12 | 12 | 17 | 29 | 59 |
| Zineb | 12 | 12 | 17 | 29 | 59 |
| Zinkpyrithion | 12 | 12 | 17 | 29 | 59 |

.....
.....
Tabel 18
Emissies door coatings van zeeschepen stilliggend in havens in de periode 1990-2005, (kg/jaar)

| Stofnaam | 1990 | 1995 | 2000 | 2003 | 2005 |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Koper | 12051 | 11562 | 11283 | 11928 | 13220 |
| Tribuyltinverbindingen | 5912 | 5672 | 5100 | 4527 | 2878 |
| Dichlofluanide | 37 | 36 | 51 | 86 | 175 |
| Irgarol | 37 | 36 | 51 | 86 | 175 |
| Tolyfluanide | 37 | 36 | 51 | 86 | 175 |
| Koperthiocyanaat | 37 | 36 | 51 | 86 | 175 |
| Seanine-211 (kathon) | 37 | 36 | 51 | 86 | 175 |
| Zineb | 37 | 36 | 51 | 86 | 175 |
| Zinkpyrithion | 37 | 36 | 51 | 86 | 175 |

.....
Tabel 19
 Emissies door coatings van
 vissersschepen op NCP in de periode
 1990-2005, (kg/jaar)

| Stofnaam | 1990 | 1995 | 2000 | 2003 | 2005 |
|-------------------------|------|------|------|------|------|
| Koper | 1949 | 1718 | 1701 | 1793 | 1807 |
| Tributyltinverbindingen | 952 | 839 | 766 | 297 | 39 |
| Dichlofluanide | 6 | 5 | 8 | 27 | 37 |
| Irgarol | 6 | 5 | 8 | 27 | 37 |
| Tolyfluanide | 6 | 5 | 8 | 27 | 37 |
| Koperthiocyanaat | 6 | 5 | 8 | 27 | 37 |
| Seanine-211 (kathon) | 6 | 5 | 8 | 27 | 37 |
| Zineb | 6 | 5 | 8 | 27 | 37 |
| Zinkpyrithion | 6 | 5 | 8 | 27 | 37 |

.....
Tabel 20
 Emissies door coatings van
 vissersschepen stilliggend in havens in
 de periode 1990-2005, (kg/jaar)

| Stofnaam | 1990 | 1995 | 2000 | 2004 | 2005 |
|-------------------------|------|------|------|------|------|
| Koper | 3310 | 2917 | 2889 | 3241 | 3071 |
| Tributyltinverbindingen | 1624 | 1431 | 1306 | 141 | 66 |
| Dichlofluanide | 10 | 9 | 13 | 64 | 63 |
| Irgarol | 10 | 9 | 13 | 64 | 63 |
| Tolyfluanide | 10 | 9 | 13 | 64 | 63 |
| Koperthiocyanaat | 10 | 9 | 13 | 64 | 63 |
| Seanine-211 (kathon) | 10 | 9 | 13 | 64 | 63 |
| Zineb | 10 | 9 | 13 | 64 | 63 |
| Zinkpyrithion | 10 | 9 | 13 | 64 | 63 |

7.3 Prognose van emissies van 2009-2027

In onderstaande tabellen 21 t/m 25 staan de prognoses voor de emissies door coatings op zeeschepen en vissersschepen voor de jaren 2009 t/m 2027 voor zowel NCP als de Nederlandse havens en vaarwegen.

.....
Tabel 21

Emissies door coatings van zeeschepen op NCP in de periode 2009-2027, (kg/jaar)

| Stofnaam | 2009 | 2015 | 2021 | 2027 |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Koper | 26579 | 24387 | 22611 | 24906 |
| Tribuyltinverbindingen | 290 | 0 | 0 | 0 |
| Dichlofluanide | 561 | 525 | 487 | 536 |
| Irgarol | 561 | 525 | 487 | 536 |
| Tolyfluanide | 561 | 525 | 487 | 536 |
| Koperthiocyanaat | 561 | 525 | 487 | 536 |
| Seanine-211 (kathon) | 561 | 525 | 487 | 536 |
| Zineb | 561 | 525 | 487 | 536 |
| Zinkpyrithion | 561 | 525 | 487 | 536 |

.....
Tabel 22

Emissies door coatings van zeeschepen varend van/naar/in havens in de periode 2009-2027, (kg/jaar)

| Stofnaam | 2009 | 2015 | 2021 | 2027 |
|------------------------|------|------|------|------|
| Koper | 5547 | 5390 | 5297 | 5891 |
| Tribuyltinverbindingen | 60 | 0 | 0 | 0 |
| Dichlofluanide | 117 | 116 | 114 | 127 |
| Irgarol | 117 | 116 | 114 | 127 |
| Tolyfluanide | 117 | 116 | 114 | 127 |
| Koperthiocyanaat | 117 | 116 | 114 | 127 |
| Seanine-211 (kathon) | 117 | 116 | 114 | 127 |
| Zineb | 117 | 116 | 114 | 127 |
| Zinkpyrithion | 117 | 116 | 114 | 127 |

.....
Tabel 23

Emissies door coatings van zeeschepen stilliggend in havens in de periode 2009-2027, (kg/jaar)

| Stofnaam | 2009 | 2015 | 2021 | 2027 |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Koper | 16325 | 14225 | 12459 | 13724 |
| Tribuyltinverbindingen | 180 | 0 | 0 | 0 |
| Dichlofluanide | 342 | 304 | 266 | 293 |
| Irgarol | 342 | 304 | 266 | 293 |
| Tolyfluanide | 342 | 304 | 266 | 293 |
| Koperthiocyanaat | 342 | 304 | 266 | 293 |
| Seanine-211 (kathon) | 342 | 304 | 266 | 293 |
| Zineb | 342 | 304 | 266 | 293 |
| Zinkpyrithion | 342 | 304 | 266 | 293 |

.....
Tabel 24
 Emissies door coatings van
 vissersschepen op NCP in de periode
 2009-2027, (kg/jaar)

| Stofnaam | 2009 | 2015 | 2021 | 2027 |
|-------------------------|------|------|------|------|
| Koper | 1735 | 1490 | 1280 | 1100 |
| Tributyltinverbindingen | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Dichlofluanide | 37 | 32 | 28 | 24 |
| Irgarol | 37 | 32 | 28 | 24 |
| Tolyfluanide | 37 | 32 | 28 | 24 |
| Koperthiocyanaat | 37 | 32 | 28 | 24 |
| Seanine-211 (kathon) | 37 | 32 | 28 | 24 |
| Zineb | 37 | 32 | 28 | 24 |
| Zinkpyrithion | 37 | 32 | 28 | 24 |

.....
Tabel 25
 Emissies door coatings van
 vissersschepen stilliggend in havens in
 de periode 2009-2027, (kg/jaar)

| Stofnaam | 2009 | 2015 | 2021 | 2027 |
|-------------------------|------|------|------|------|
| Koper | 2948 | 2533 | 2175 | 1869 |
| Tributyltinverbindingen | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Dichlofluanide | 63 | 54 | 47 | 40 |
| Irgarol | 63 | 54 | 47 | 40 |
| Tolyfluanide | 63 | 54 | 47 | 40 |
| Koperthiocyanaat | 63 | 54 | 47 | 40 |
| Seanine-211 (kathon) | 63 | 54 | 47 | 40 |
| Zineb | 63 | 54 | 47 | 40 |
| Zinkpyrithion | 63 | 54 | 47 | 40 |

7.4 Verschil in methode

De methodiek voor de berekening van de emissies is niet gewijzigd t.o.v. de vorige versie van de factsheets (Meijerink, 2003a en 2003b). Wel zijn door nieuwe inzichten zowel de emissiefactoren als de toepassingspercentages van de coatingtypen gewijzigd. De emissiecijfers van koper zijn gewijzigd ten opzichte van de vorige versie van dit protocol doordat nu ook koperemissiefactoren zijn toegepast op TBT-houdende coatings en tegelijkertijd de emissiefactoren van koperhoudende coatings naar beneden zijn bijgesteld. Bij Tributyltin is het verschil alleen te verklaren door de gewijzigde toepassingspercentages. Ook bij biociden werden de toepassingspercentages aangepast in afhankelijkheid van de opkomst van de op koper gebaseerde coatingtypen.

7.5 Verschil in cijfers

In onderstaande tabellen staan de verschillen in uitkomsten voor de emissieberekeningen voor de jaren 1990 en 2000 samengevat.

Tabel 26
Vergelijking van emissies door coatings van zeeschepen in 1990, (ton/jaar)

| Stoffen | NCP | | Havens en vaarwegen | |
|----------|---------------|-------------|---------------------|-------------|
| | Vorige versie | Deze versie | Vorige versie | Deze versie |
| Koper | 12,5 | 19,5 | 12,2 | 16,0 |
| TBT | 8,5 | 9,5 | 2,6 | 7,9 |
| Biociden | 0,31 | 0,4 | 0,3 | 0,3 |

Tabel 27
Vergelijking van emissies door coatings van vissersschepen in 1990, (ton/jaar)

| Stoffen | NCP | | Havens en vaarwegen | |
|----------|---------------|-------------|---------------------|-------------|
| | Vorige versie | Deze versie | Vorige versie | Deze versie |
| Koper | 1,2 | 1,9 | 2,3 | 3,3 |
| TBT | 0,8 | 1,0 | 0,38 | 1,6 |
| Biociden | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,07 |

Tabel 28
Vergelijking van emissies door coatings van zeeschepen in 2000, (ton/jaar)

| Stoffen | NCP | | Havens en vaarwegen | |
|----------|---------------|-------------|---------------------|-------------|
| | Vorige versie | Deze versie | Vorige versie | Deze versie |
| Koper | 11,8 | 18,2 | 11,5 | 15,0 |
| TBT | 8,0 | 8,2 | 2,4 | 6,8 |
| Biociden | 0,3 | 0,6 | 0,3 | 0,5 |

Tabel 29
Vergelijking van emissies door coatings van vissersschepen in 2000, (ton/jaar)

| Stoffen | NCP | | Havens en vaarwegen | |
|----------|---------------|-------------|---------------------|-------------|
| | Vorige versie | Deze versie | Vorige versie | Deze versie |
| Koper | 1,0 | 1,7 | 1,9 | 2,9 |
| TBT | 0,8 | 0,8 | 0,4 | 1,3 |
| Biociden | 0,02 | 0,04 | 0,05 | 0,1 |

Het grote verschil bij havens en vaarwegen bij de stof TBT is waarschijnlijk te wijten aan een rekenfout in de vorige versie aangezien het natte scheepsoppervlak van stilliggende zeeschepen vergelijkbaar was (evenals in deze versie) met dat van het NCP. Daar komt bij dat er in de vorige versie nog geen verschil werd gehanteerd in emissiefactoren tussen varende en stilliggende schepen. Er zou dus een vergelijkbare emissie van TBT bij havens en NCP te verwachten zijn geweest bij de vorige versie. De overige verschillen liggen vooral aan het verschil in toepassingspercentages. Ten opzicht van de vorige versie is nieuw dat ook de TBT-houdende coatings koper emitteren. Daar staat echter een veel lagere gehanteerde emissiefactor tegenover.

8 Kwaliteit van de gegevens

Het bovenstaande kan worden uitgedrukt in de classificatiesystematiek die wordt gebruikt in de publicatiereeks Emissieregistratie (Harmelen, A.K, van, 2001) Deze werkwijze is gebaseerd op de methodiek van CORINAIR (COre emission INventories AIR).

Hierbij worden de volgende kwaliteitsclassificaties aangehouden:

- A: een getal gebaseerd op een groot aantal metingen aan representatieve locaties;
- B: een getal gebaseerd op een aantal metingen aan een deel van de voor de sector representatieve locaties;
- C: een getal gebaseerd op een beperkt aantal metingen, aangevuld met schattingen op basis van de technische kennis van het proces;
- D: een getal gebaseerd op een gering aantal metingen, aangevuld met schattingen op basis van aannames;
- E: een getal gebaseerd op een technische berekening op basis van een aantal aannames.

Het aantal zee- en vissersschepen op het NCP wordt zorgvuldig bijgehouden, wat een classificatie A voor dat deel van de emissieverklarende variabele oplevert. Het nat oppervlak van de schepen op het NCP betreft een modelmatige schattingen. Totaal levert dit een voor de emissieverklarende variabele een classificatie B op. De emissiefactoren zijn gebaseerd op aanbevelingen die vanuit technische kennis en praktijkervaring zijn opgesteld. Op grond hiervan wordt voor de emissiefactoren de classificatie C aangehouden. De verdeling van de emissies over de verschillende compartimenten en de emissieroutes naar water zijn duidelijk geheel naar oppervlaktewater, zodat hiervoor de categorie A wordt gehanteerd.

Tabel 30
Kwaliteit van gegevens

| Onderdeel emissieberekening | Classificatie |
|------------------------------|---------------|
| Emissieverklarende variabele | B |
| Emissiefactoren | C |
| Verdeling compartimenten | A |
| Emissieroute naar water | A |

9 Verbeterpunten methodiek

9.1 Zwakke punten

Het aantal schepen op het NCP is slechts bekend voor het jaar 2004. Om tevens cijfers te kunnen presenteren voor de jaren 1990 tot 2003 is een vergelijking gemaakt met de CBS-jaarcijfers van het aantal zeeschepen dat de Nederlandse havens bezocht heeft. De cijfers van zowel het CBS als van Lloyds worden als betrouwbaar gezien, maar de aanname dat er een lineair verband tussen het aantal schepen op het NCP en het aantal schepen dat de Nederlandse havens bezoekt is onzeker.

Er zijn geen systematische monitoringgegevens beschikbaar over de trends in de toepassing van de verschillende coatingtypen op schepen. Hiervoor zijn inschattingen gemaakt aan de hand van verschillende recente referenties.

Gegevens over het aantal schepen op het NCP en hun onderwateroppervlak is slechts bekend voor het jaar 2004 afkomstig van de Lloyds database. Om toch cijfers te kunnen presenteren voor de jaren 1990 tot 2002 is van een constant gemiddeld oppervlak (nl. dat van het jaar 2000) per schip uitgegaan.

De cijfers van zowel het CBS als van Lloyds worden als betrouwbaar gezien. Het is echter niet zeker of de gegevens over de schepen op het NCP direct vertaalbaar zijn voor de schepen in de havens.

9.2 Belangrijkste verbeterpunten

Het voorgaande geeft reeds aan dat de belangrijkste verbeterpunten zijn (in volgorde van belang):

- In een volgend jaar kan een onderzoek naar de trend in het gebruik van de verschillende coatingtypen in de tijd worden opgezet;
- Het is zinvol om de toepassing van verschillende co-biociden nader in kaart te brengen, met name de toepassing van diuron en irgarol, die probleemstoffen zijn;
- Door de uitkomsten van berekeningen van meerdere verkeersbestanden te vergelijken kan een beter beeld van de ontwikkeling van het natte scheepsoppervlak op NCP worden verkregen.

10 Regionale opsplitsing

10.1 Zeeschepen en vissersschepen op NCP

De emissies per kaartvierkant van 5x5 kilometer zijn bepaald met behulp van het nat onderwateroppervlak (WSA) dat berekend is per scheepstype met behulp van de Lloyds verkeersdatabase van het jaar 2004 door MARIN.

De verkeerssoorten die hierin zijn meegenomen zijn:

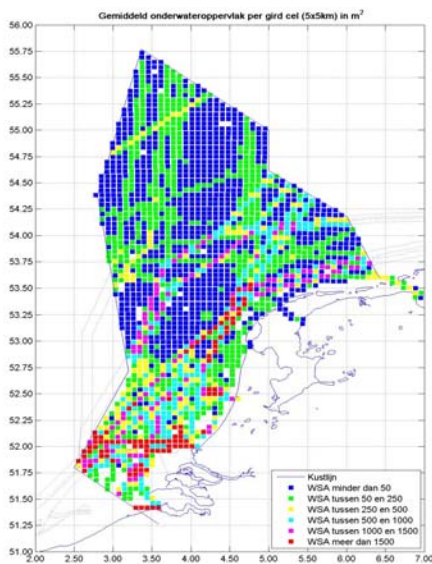
- Routegebonden scheepvaartverkeer
- Voor ankerliggende schepen
- Vissersschepen
- Werkschepen

Voor ieder schip dat rondvaart op het Nederlands deel van het continentaal plat is het maximaal nat scheepsoppervlak bepaald, gebruik makend van bekende scheepsdimensies uit het Lloyds-scheepsregister. Hiervoor is gebruik gemaakt van de formules van Mennen-Holtrop (formule 1) en indien dit niet mogelijk was vanwege het ontbreken van gegevens met de afgeleide methode om nat oppervlak te bepalen op basis van de scheepsgrootte in GT(formule 2). Het werkelijk nat scheepsoppervlak werd verkregen na correctie voor werkelijke belading via formule 3. Deze gegevens zijn door MARIN vervolgens toegepast op de verkeersdatabase nadat eerst gemiddeld was over de SAMSON-scheepstypen en SAMSON-scheepsgrootteklassen. Vervolgens is per kilometervak bepaald in welk KRW-waterlichamen zich deze vakken bevinden. Per KRW-waterlichaam zijn vervolgens de emissies berekend.

In onderstaande figuren 7 t/m 11 is het nat onderwateroppervlak van de vier soorten scheepvaartverkeer ruimtelijk weergegeven.

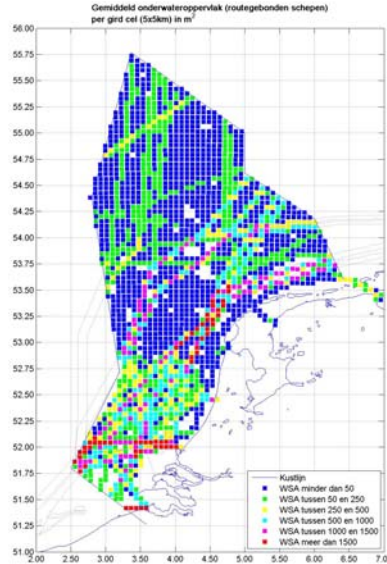
Figuur 7

Verdeling van het totale nat onderwateroppervlak van schepen op het continentaal plat.



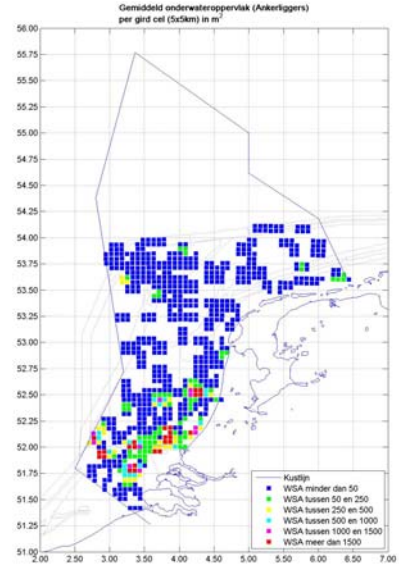
Figuur 8

Verdeling van het nat onderwateroppervlak van routegebonden schepen op het Nederlands deel van het continentaal plat.



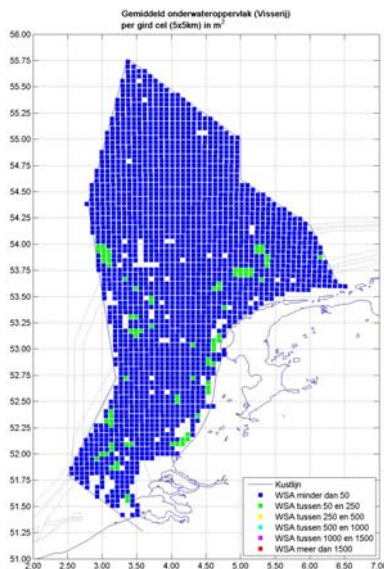
Figuur 9

Verdeling van het nat onderwateroppervlak van voor anker liggende schepen op het Nederlands deel van het continentaal plat.



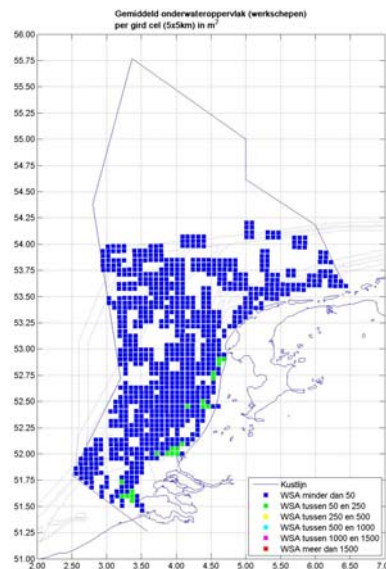
Figuur 10

Verdeling van het totale nat onderwateroppervlak van vissersschepen op het Nederlands deel van het continentaal plat.



Figuur 11

Verdeling van het totale nat onderwateroppervlak van werkschepen op het Nederlands deel van het continentaal plat.



10.2 Zeeschepen op Nederlands grondgebied

Regionalisatie van de berekende emissies voor de zeescheepvaart is uitgevoerd aan de hand van gegevens van bezoekende zeeschepen van de belangrijkste zeehavens.

Hierbij is een onderscheid gehanteerd naar scheepstype en de fasen waarin het schip verkeert: aanvaren, manoeuvreren en stilliggen. Alle basisgegevens zijn gehaald uit de EMS-modellen voor de berekening van de luchtmissies. De emissieverklarende variabelen die uit de luchtmodule komen zijn voor deze fasen uitgedrukt in GT.km voor aanvaren, GT.uren voor manoeuvreren en GT voor stilliggen. Deze grootheden zijn per haven per fase toebedeeld aan vaarweglijnstukken uit het Nationale wegenbestand (NWB van RWS-AVV) waarvan het vaarwegenbestand deel van uitmaakt. Per haven is de activiteit proportioneel aan de lengte van de gepasseerde vaarwegvakken toebedeeld.

Voor elk van de fasen die de schepen op Nederlands grondgebied varen wordt een verschillende formule gebruik voor de berekening van het gemiddeld aanwezige natte scheepsoppervlak(WSA).

De formule voor de omrekening van stilliggende schepen is:

$$GT * WSA/GT * Ligduur / 8760.$$

Het GT van stilliggende schepen is afkomstig uit het bestand dat voor de berekening van de luchtmissies wordt aangeleverd door AVV.

De formule voor de omrekening van varende schepen is:

$$GT.km / Snelheid * WSA/GT / 8760.$$

De GT.km van varende schepen is berekend met het model waarmee de luchtmissies van varende schepen worden berekend.

De formule is voor de omrekening van manoeuvrerende schepen is:

$$GT.uren * WSA/GT / 8760.$$

De GT.uren van varende schepen is berekend met het model waarmee de luchtmissies van manoeuvrerende schepen worden berekend.

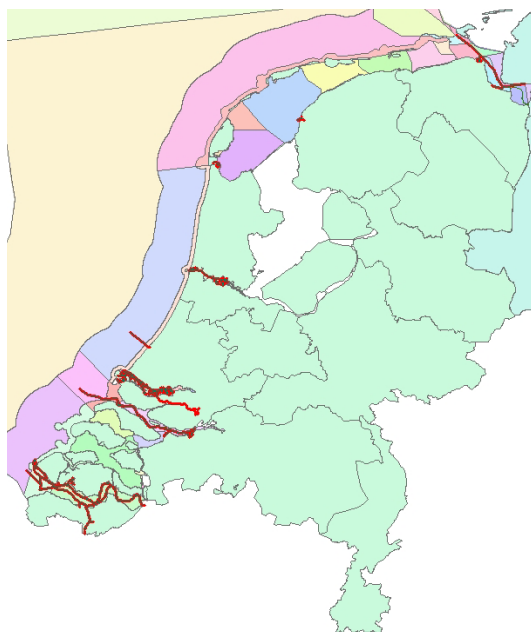
In tabel 31 staan de factoren die voor omrekening van GT naar WSA zijn gebruikt.

Tabel 31
Omrekeningsfactoren voor stilliggende, manoeuvrerende en varende schepen naar nat oppervlak

| Scheepstype | WSA/GT (m ² /GT) | Ligduur (uur) | Snelheid (km/uur) |
|--------------------------------|--------------------------------|------------------|----------------------|
| Olie Tankers (Crude) | 0,23 | 28 | 17,3 |
| Andere Tankers (Sap Chemie) | 0,43 | 24 | 19,2 |
| Bulkcarriers | 0,24 | 52 | 20 |
| Container Schepen | 0,25 | 21 | 20,2 |
| Conv.Stukgoed | 0,54 | 25 | 20,2 |
| Ferries / Roro | 0,18 | 24 | 23,1 |
| Reefers | 0,51 | 31 | 24,8 |
| Overige Schepen | 0,5 | 46 | 26,3 |

Op onderstaand kaartje (figuur12) is globaal weergegeven met rode lijnen⁵ aan welke lijnstukken van het NWB de emissies van zeeschepen in havens zijn gekoppeld. Met GIS is bepaald welk deel van een bepaald vaarweglijnstuk binnen een KRW-gebied valt. Op grond van deze gedeeltes zijn de emissie toegekend aan KRW-gebieden.

.....
Figuur 12 :
Zeeschepen onderweg naar havens en
in Nederlandse zeehavens en Emden



10.3 Vissersschepen in havens

Het onderwateroppervlak van vissersschepen in visserijhavens is bepaald met behulp van het VIRIS-systeem van het LEI waarin alle vaarbewegingen van de vissersschepen worden geregistreerd. In VIRIS wordt het aantal dagen in een haven niet rechtstreeks vastgelegd. Het aantal dagen in de haven is 365,25 dagen (aantal dagen in het jaar) minus het aantal zeedagen. Een schip kan in een jaar meerdere havens aandoen. Het aantal dagen in een bepaalde haven wordt uitgerekend door de verhouding tussen totaal aantal reizen in het jaar en het aantal reizen vanuit de desbetreffende haven te vermenigvuldigen met het hiervoor uitgerekende aantal dagen in de haven. Het aantal dagen in een bepaalde haven wordt vermenigvuldigd met 24 om het aantal uren in een bepaalde haven uit te rekenen.

⁵ De uitstekende lijnstukken bij Scheveningen en Goeree-overflakkee zijn in de database weggelaten

Het aantal uren in een bepaalde haven wordt vermenigvuldigd met 1,0*GT van schip om het onderwateroppervlakte uit te rekenen. Het onderwateroppervlak is vervolgens per haven geaggregeerd en gedeeld door 8760 (uren per jaar).

In tabel 32 staat het onderwateroppervlak per visserijhaven in 2005 weergegeven en in figuur 13 is plaats van de havens weergegeven. Van elke haven is bekend in welk KRW-gebied deze ligt. Niet alle havens zijn gelegen in KRW-gebieden die als zout zijn aangemerkt.

.....
Tabel 32
 Gemiddeld aanwezig nat oppervlak van
 vissersschepen in vissershavens in 2005

| Haven | WSA ⁶ |
|---------------------------------------|------------------|
| Oostburg - Breskens | 952 |
| Schouwen Duiveland | 51 |
| Delfzijl | 1770 |
| Harlingen | 19569 |
| Den Helder | 9199 |
| Hemelumer-Oldeferd (gemeente Nyefurd) | 20 |
| Ijmuiden | 52300 |
| Katwijk | 3 |
| Ulrum - Lauwersoog | 5559 |
| Terneuzen | 19 |
| Scheveningen - Den Haag | 14577 |
| Goedereede - Stellendam | 6369 |
| Stavoren (gemeente Nyefurd) | 98 |
| Terschelling | 158 |
| Texel | 4320 |
| Urk | 253 |
| Vlissingen | 10309 |
| Wonseradeel | 116 |
| Wieringen | 2522 |
| Yerseke | 385 |
| Zierikzee | 10 |
| | 128559 |

⁶ gecorrigeerd voor bezoek van buitenlandse vissersschepen

Figuur 13:
Locatie van Visserijhavens



11 Referenties

Berg, E.A. (1995). Measuring copper release from antifouling paints. *Eur. Coat. J.*, 7-8/95, p. 534-538.

Centraal Bureau voor de Statistiek. (2003) *Elektronische database Statline*. Internetapplicatie.

Ciba (1995) *Summary on ecological and health effects of Irgarol 1051*, Information Brochure Ciba Geigy, Basel

CPB, MNP, RPB (2006), *Welvaart en leefomgeving, een scenariodocument voor Nederland in 2040*, Centraal Planbureau, Milieu- en Natuurplanbureau en Ruimtelijk Planbureau, ISBN-13: 978-90-6960-149-6

Finnie A.A. (2006) Improved estimates of environmental copper release rates from antifouling products. *Biofouling* 22(5): pp. 279-291.

Fisher A.S., Hill S.J., Waldock M., Thomas K.V. (1997) Health and Safety Executive Contract Report 3283/R51.82, Cited in Thomas et al. (1999)

Glansdorp, C.C., Tak, C. van der. (1993) *Modellering van de functie "scheepvaart" in het MANS-project*. MARIN&MSCN.

Greenpeace (2000), *Persbericht 28 September 2000*,

Hare, C.H. (1993). Anatomy of paint - antifouling coatings. J. *Protective coatings and linings*, Vol. 10, 83-90.

Harmelen, A.K. van et al. (2001) *Emissiemonitor, jaarcijfers 1999 en ramingen 2000 voor emissies en afval*. Rapportage reeks milieumonitor nr. 2.

Hattum, B. van, Baart, A.C., Boon, J.G. (2002) *Computer model to generate predicted environmental concentrations (PECs) for antifouling in the marine environment, 2nd edition accompanying the release of Mam-Pec version 1.4*. rapportnr. E-02-04 / Z3117. IVM, Amsterdam | WL, Delft.

Holtrop J., A (1977) *Statistical Analysis of Performance Test Results*. International Shipbuilding Progress, 1977, Vol 24, No. 270.

Johnson A., Luttik R. (1994) Risk assessment of antifoulants - position paper. Paper nr. 1994-05-03 presented at the 7th meeting of the Ad Hoc Group of Experts of Non-Agricultural Pesticides, 16-18 May 1994.

National Chemicals Inspectorate, Sweden, National Institute for Public Health and the Environment, Netherlands.

Kill S., Dam Johansen K., Weinell C.E., Pedersen M.S., Codolar S.A. (2002) Dynamic simulations of a self-polishing antifouling paint exposed to seawater, *J. Coatings Technology*, 74(929), pp. 45-54

Kiil S. ; Dam-Johansen K. ; Weinell C.E.; Pedersen M. S.; Codolar S. A. (2003):
Estimation of Polishing and Leaching Behaviour of Antifouling Paints Using Mathematical Modelling: a Literature Review, *Biofouling*, vol: 19, pages: 37-43, 2003

Koivisto, S. (2003), *Proposal for Finnish exposure scenarios for antifouling products*, Finnish Environment Institute, 2003

Lindgren P., Olsson B., Unger C., (1998). *Antifoulingprodukter FARTYG PM-beslut 1998-10-20*, KEMI, Stockholm (in Swedish)

Maersk (2006). Maersk brochure: "*Constant care for the environment*",
http://www.maerskline.com/globalfile/?path=/pdf/environmental_brochure

Man-Diesel (2002) *Basic principles of ship propulsion*, Man-Diesel document P-254-04-04; http://www.manbw.com/article_003859.html

Meijerink, J. (2003a) *EMS-protocol Emissies door Zeevaart en Visserij, Coatings op schepen op het NCP*. RIZA-werkdocument nr. 2003.153X.

Meijerink, J (2003b), *EMS-protocol Emissies door Zeevaart en Visserij, Coatings op schepen in havens*. RIZA-werkdocument nr. 2003.153X.

Morrison, S. (2005). *Technology update: antifouling coatings*. Background article on www.specialchem4coatings.com.

O&C (2000). *Convenant beëindiging gebruik tinhoudende aangroeiwerende verven op visserijvaartuigen d.d. 14 december 2000, Oppervlaktebehandeling en Corrosiebestrijding*, jaargang 44, 200 nr. 4.

OECD (2005) *Emission scenario document on antifouling products*, OECD Environmental Health and Safety Publications Series on Emission Scenario Documents No. 13, Environment Directorate Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris, France

Okamura, H., H. Mieno (2006). Present status of antifouling systems in Japan. In: Konstantinou, I.K. (Ed.). *Antifouling Paint Biocides. Handbook of Environmental Chemistry* Vol. 5/O, Springer Verlag, Berlin (Germany). P. 201-212

OSPAR (1992). *Zinc inputs to the environment from sacrificial anodes used offshore and inland.*

Readman (2006). Development, occurrence and regulation of antifouling paint biocides: historical review and future trends. In: Konstantinou, I.K. (Ed.). *Antifouling Paint Biocides. Handbook of Environmental Chemistry*, Vol. 5/O, Springer Verlag, Berlin (Germany). P. 1-16

Roovaart, J.C. van den. (2002) *Uitloging zeeschepen in havens*. RIZA-werkdocument nr. 2001.088X, volgnummer 3.

Scarlett A. Donkin M.E. Fileman T.W. and Donkin P. (1997) Occurrence of the marine antifouling agent Irgarol 1051 within the Plymouth Sound locality: implications for the green macroalga *Enteromorpha intestinalis*. *Mar. Pollut. Bull.* 34: 645

Stronkhorst J. (1996) TBT Contamination and toxicity of sediments: a persistent problem. In: Stewen U (ed.). *The present status of TBT-copolymer antifouling paints. Proceeding of an International One Day Symposium on antifouling paints for ocean-going vessels*, 21st Febr. 1996, The Hague. Ministry of Transport, Public Works and Water Management, Rijkswaterstaat, DGSM; ORTEP, Association, The Hague

Tak, K van der (2006), *personal communication*, MARIN, Wageningen.

Thomas K.V., Raymond K., Chadwick J., Waldo M. (1999) The effects of short-term changes in environmental parameters on the release of biocides from antifouling coatings: cuprous oxide and tributyltin, *Appl. Organomet. Chem.*, 13, pp. 453-460

Thomas K.V. (2001) The environmental fate and behaviour of antifouling paint booster biocides: a review, *Biofouling*, 17, pp. 73-86

Valkirs A.O., Seligman P.F., Haslbeck E., Caso J.S. (2003) Measurement of copper release rates from antifouling paint under laboratory and in-situ conditions: implications for loading estimates to marine water bodies, *Marine Pollution Bulletin*, 46, 2003, pp. 763-779).

Willemsen P.R., Ferrari, G.M. (1992) *Emissies van organotin naar Nederlandse oppervlaktewateren*. TNO-rapport, rapportnr. C 92.1003.

Willingham G.L., Jacobson A.H. (1996) Designing an environmentally safe marine antifoulant. In: De Vito, S.C and R.L. Garrett (eds). *Designing safer chemicals - Green chemistry for pollutant prevention*. American Chemical Society, Washington DC. ACS Symposium Series 640, p. 225-233.

Wulffraat, K.J. et al (1993). *De belasting van de Noordzee met verontreinigende stoffen 1980 – 1990*. Rapport DGW 93-037.

Yebra D.M., Kiil S., Dam-Johansen K. (2004) Antifouling technology – past, present and future steps towards efficient and environment friendly antifouling coatings, *Prog. Org. Coatings*, 50, pp. 75-104

Yebra D.M., Kiil S., Weinell C.E., Dam-Johansen K. (2006a) Effects of marine microbial biofilms on the biocide release rate from antifouling paints – a model based analysis, *Prog. Org. Coatings*, 57, pp. 56-66

Yebra D.M., Kiil S., Dam-Johansen K. (2006b) Mathematical modelling of tin-free chemically active antifouling paint behaviour, *AIChE J.*, 52, 5: pp. 1926-1940.