

**Emissieschattingen Diffuse bronnen  
Emissieregistratie**

**Anodes zeescheepvaart en  
visserij**

Versie mei 2015

RIJKSWATERSTAAT – WVL  
in samenwerking met DELTARES en TNO

# Anodes zeescheepvaart en visserij

## 1 Omschrijving

Om corrosie te voorkomen worden schepen gecoat. Deze beschermende laag is echter niet genoeg om het schip volledig te behoeden voor corrosie. Om de onbeschermden delen van een schip (schroef, beschadigingen, balasttanks etc.) te beschermen én er voor te zorgen dat het schip ook bij een slechter wordende coating beschermd blijft, wordt gebruik gemaakt van kathodische bescherming. Om het schip passief kathodisch te beschermen wordt gebruik gemaakt van opofferingsanodes. Deze opofferingsanodes moeten zoals eerder gezegd van een metaal zijn dat onedeler is dan het metaal dat beschermd moet worden. De twee metalen die in de zeescheepvaart als anode worden toegepast zijn zink en aluminium.

Bij de emissieberekeningen wordt onderscheid tussen emissies vanuit kathodische bescherming vanuit de buitenkant van de schepen en vanuit de binnenkant van de schepen (balasttanks).

De emissie wordt binnen de emissieregistratie toegekend aan de doelgroep Verkeer en vervoer. Het gaat om de emissies van zink, cadmium en aluminium.

## 2 Toelichting berekeningswijze

Deze factsheet beschrijft in het kort hoe de emissies voor anodes van de zeescheepvaart berekend worden. Een uitgebreide toelichting op de berekening is terug te vinden in [1].

Emissies worden berekend door de vermenigvuldiging van een emissieverklarende variabele (EVV) met een emissiefactor (EF).

emissie = emissieverklarende variabele \* emissiefactor

De emissieverklarende variabele is het nat scheepsoppervlak (WSA) in de Nederlandse wateren (in m<sup>2</sup>) dat gemiddeld op een willekeurig moment aanwezig is.

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 van kathodische bescherming.

Emissie per stof x per jaar = WSA \* Toepassingsfactor stof x \* OPOSx

waarin:

WSA= nat oppervlak alle schepen (m<sup>2</sup>)

Toepassingsfactor stof x (dimensieloos)

OPOSx = opofferingsnelheid van stof x (kg/m<sup>2</sup>/jr)

## 3 Emissieverklarende variabele

De emissie verklarende variabele is het aantal schepen dat zich gemiddeld over het jaar op de Noordzee bevindt. Voor deze gegevens is gebruikt gemaakt van de door het MARIN bewerkte AIS gegevens [2]. Sinds 2005 hebben alle zeeschepen met een tonnage groter dan 300 ton een AIS transponder (AIS = Automatic Identification System) aan boord die een aantal malen per minuut automatisch berichten uitzendt met gegevens van het schip waaronder de exacte positie. Dit leverde per geografische gridcel (ruimtelijke geografische eenheid) gegevens op over de aanwezigheid van schepen.

Tabel 1: Emissieverklarende variable (EVV) van zeeschepen en vissersschepen op Noordzee [1])

Jaar	NCP Zeeschepen 2004 = 735.709			NCP Vissersschepen 2000 = 56.787		
	Aantal	EVV(m2)	Trend	Aantal	EVV(m2)	Trend
	1990	45920	766976	1,04	639	66459
1995	44056	735843	1	563	58555	1,03
2000	42087	702955	0,96	546	56787	1
2005	43189	721362	0,98	441	45866	0,81
2010	43189	721362	0,98	378	39314	0,69
2012	43189	721362	0,98	378	39314	0,69
2013	43189	721362	0,98	378	39314	0,69

Tabel 2: Emissieverklarende variable (EVV) van zeeschepen en vissersschepen van/in/naar havens [1]

Jaar	Havens Zeeschepen				Havens Vissersschepen		
	Aantal	Varend EVV(m2)	Stilliggend EVV(m2)	Trend	Aantal	EVV(m2)	Trend
	1990	45920	157792	632284	1,04	639	173677
1995	44056	151387	606618	1	563	153021	1,19
2000	42087	144621	579506	0,96	546	148400	1,15
2005	43189	148408	594680	0,98	441	119862	0,93
2010	43189	148408	594680	0,98	378	102739	0,8
2012	43189	148408	594680	0,98	378	102739	0,8
2013	43189	148408	594680	0,98	378	102739	0,8

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. Voor de jaren vanaf 2010 zijn geen nieuwe gegevens over het aantal zeeschepen en vissersschepen beschikbaar. In de tabellen zijn voor deze jaren het aantal zeeschepen en het aantal vissersschepen en de bijbehorende EVV daarom vanaf 2010 gelijk gehouden aan 2005. De volgende havens zijn meegenomen: Amsterdam, Delfzijl en Eemshaven, Dordrecht, Harlingen, IJmuiden, Klundert, Moerdijk, Rotterdam, Scheveningen, Terneuzen, Vlaardingen, Vlissingen, Zevenbergen en Zaanstad.

#### 4 Emissiefactoren

De relevante emissiefactoren van zeeschepen en vissersschepen zijn hieronder weer gegeven zoals ontwikkelt in het achtergrondrapport uit 2008 [1]. In dit rapport is uitgegaan van de zink/aluminium en ICCP anodes voor zeeschepen van resp. 70, 12,5 en 17,5%. Bij vissersschepen is dat resp. 20, 10 en 70%. De recente ontwikkelingen van de toepassing van anodemateriaal zijn niet mee genomen omdat deze niet bekend zijn.

De emissiefactoren zijn voor de buitenkant van het schip (het natte scheepsoppervlak) en de binnenkant van het schip (ballasttanks) opgebouwd uit de corrosiesnelheid van het anodemateriaal, de factoren blootstellingtijd en de mate van toepassing van het betreffende anodemateriaal (zink of aluminium) op het type schip. Daarbij wordt ook nog rekening gehouden met emissiefactoren van varende schepen en schepen in havens.

Deze emissiefactoren zijn afgeleid uit metingen van corrosiesnelheden en schattingen van toepassingsfactoren. In het achtergrondrapport [1] wordt beschreven hoe de emissiefactoren uit tabel 4 en tabel 5 tot stand zijn gekomen.

Tabel 3: Emissiefactoren voor anodes aan de buitenkant en binnenkant van een varend schip [1]

Type schip	corrosiesnelheid		Blootstelling	Toepassingsfactor		opofferingsnelheid	
	ug/cm2 WSA/dag			dagen/jaar			g/m2.jaar
	zink	aluminium	zink		aluminium	zink	aluminium
<b>Buitenkant schip</b>							
Tankers, bulk carriers, container- schepen	46	13,3	365	0,7	0,125	0,1175	0,0607
Ro/ro, supply, passenger, ferry	61,5	17,8	365	0,7	0,125	0,1571	0,0812
Vissersschepen	77	22,2	365	0,2	0,1	0,1967	0,1013
<b>Ballasttanks</b>							
Alle schepen	276	79,8	128	0,1	0,3	0,0353	0,0306

Tabel 4: Emissiefactoren voor anodes op zeeschepen en vissersschepen in havens [1]

Type schip	corrosiesnelheid in		Blootstelling	toepassingsfactor		opofferingsnelheid	
	ug/cm2/dag			Dagen/jaar			g/m2.jaar
	zink	aluminium	zink		aluminium	zink	aluminium
Zeeschepen	11,5	3,3	(~1,5)	0,7	0,125	0,12	0,0062
Vissersschepen	19,3	5,6	(~160)	0,2	0,1	6,16	0,88

## 5 Maatregelen en effecten

De relevante ontwikkelingen worden hieronder globaal benoemd.

### Zinkanode

Zink is het meest gebruikte materiaal voor kathodische bescherming van zeeschepen. Bij het plaatsten van de zinkanodes wordt de levensduur van zinkanodes meestal berekend voor een levensduur tussen de 1 en 3 jaar.

### Aluminiumanode

Aluminium is een anodemateriaal dat steeds vaker gebruikt wordt. Aluminiumanodes leveren een betere prestatie dan de zinkanodes. Een ander belangrijk milieuhygiënisch voordeel is dat er in de gebruikte aluminiumlegeringen geen cadmium zit, in tegenstelling tot de gebruikte zinklegeringen.

### Alternatieve methode met opgedrukte stroom

Naast de passieve bescherming wordt steeds vaker gebruik gemaakt van actieve kathodische bescherming. Het opgedrukt stroomsysteem -ook wel Impressed Current (IC) genoemd - verschuift potentialen, waardoor het metaal wordt beschermd.

In principe kan het IC-systeem de gehele buitenkant van het schip beschermen. Toch worden nog vaak in een combinatie met het IC-systeem passieve anodes geplaatst. De onderdelen van een schip die uitgerust worden met passieve anodes zijn: de boegschroeftunnel; de schroef en het roer.

Aangezien er bij IC geen metaalionen in het water komen is dit de meest milieuvriendelijke kathodische protectiemethode. Ook de aangroei van organismen blijft beperkt, wat tot een lager brandstofgebruik leidt.

## 6 Emissies

### Emissies van 1990-2013

In onderstaande tabellen staan de emissies door coatings op zeeschepen en vissersschepen voor de jaren 1990 t/m 2013 voor zowel NCP als de Nederlandse havens en vaarwegen.

Tabel 5: Emissies van zink door anodes aan de buitenkant en binnenkant van het schip 1990-2012 (kg/jaar)

Procesomschrijving	1990	1995	2000	2005	2010	2012	2013
Anodes buitenkant en balasttanks zeeschepen varend op het NCP	99030	95010	90760	93140	93140	93140	93140
Anodes buitenkant zeeschepen varend van/naar/in havens	19050	18270	17460	17913	17910	17910	17910
Anodes buitenkant zeeschepen stilliggend in havens	18590	17830	17040	17484	17410	17410	17410
Subtotaal zeeschepen	136664	131117	125257	128537	128537	128537	128537
Anodes buitenkant en balasttank vissersschepen varend op het NCP	4159	3664	3554	2870	2440	2240	2240
Anodes buitenkant vissersschepen stilliggend in havens	2447	2156	2091	1689	1318	1318	1318
Subtotaal vissersschepen	7031	6195	6008	4852	3558	3558	3558

Tabel 6: Emissies van cadmium door anodes aan de buitenkant en binnenkant van het schip 1990-2012 (kg/jaar)

Procesomschrijving	1990	1995	2000	2005	2010	2012	2013
Anodes buitenkant en balasttanks zeeschepen varend op het NCP	50	48	45	47	47	47	47
Anodes buitenkant zeeschepen varend van/naar/in havens	10	9	9	9	9	9	9
Anodes buitenkant zeeschepen stilliggend in havens	10	9	9	9	9	9	9
Subtotaal zeeschepen	70	66	63	65	65	65	65
Anodes buitenkant en balasttanks vissersschepen varend op het NCP	2,2	1,9	1,8	1,5	1,1	1,1	1,1
Anodes buitenkant vissersschepen stilliggend in havens	1,2	1,1	1	0,8	0,7	0,7	0,7
Subtotaal vissersschepen	3,4	3	2,8	2,3	1,8	1,8	1,8

Tabel 7: Emissies van aluminium door anodes aan de buitenkant en binnenkant van het schip 1990-2012 (kg/jaar)

Procesomschrijving	1990	1995	2000	2005	2010	2012	2013
Anodes buitenkant en balasttanks zeeschepen varend op het NCP	8828	8469	8091	8303	8303	8303	8303
Anodes buitenkant zeeschepen varend van/naar/in havens	983	944	901	925	925	925	925
Anodes buitenkant zeeschepen stilliggend in havens	948	910	869	892	892	892	892
Subtotaal zeeschepen	10760	10323	9862	10120	10120	10120	10120
Anodes buitenkant en balasttanks vissersschepen varend op het NCP	905	797	773	625	487	487	487
Anodes buitenkant vissersschepen stilliggend in havens	355	313	303	245	191	191	191
Subtotaal vissersschepen	1260	1110	1076	870	678	678	678

## 7 Verdeling compartimenten

De primaire emissie van de besproken emissiebron vindt in zijn geheel plaats naar het oppervlaktewater. De secundaire belasting naar lucht is niet aanwezig.

## 8 Emissieroutes naar water

De emissies vinden voor 100% plaats direct naar oppervlaktewater. Er is geen sprake van lozingen op riool.

## 9 Regionalisatie

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.

De emissie verklarende variabele voor de bronnen die zijn gerelateerd aan de zeescheepvaart is het aantal schepen en het aantal personen op schepen dat zich gemiddeld over het jaar op de Noordzee bevindt. Voor deze gegevens is gebruik gemaakt van de door het MARIN bewerkte AIS gegevens. Sinds 2005 hebben alle zeeschepen groter dan 300 Gross ton een AIS transponder (AIS = Automatic Identification System) aan boord die een aantal malen per minuut automatisch berichten uitzendt met gegevens van het schip waaronder de exacte positie. Dit leverde per geografische gridcel gegevens op over aanwezigheid van schepen per jaar en aanwezigheid van bemanning en passagiers.

## 10 Opmerkingen en wijzigingen ten opzichte van voorgaande jaren

Deze versie van de factsheet is een versimpelde versie van de factsheets van de voorafgaande jaren. De factsheet voor het jaar 2010 is als achtergrondrapport beschikbaar[1].

Originele factsheet:

Hulskotte, J., H. Oonk, Factsheets Emissies van Anodes bij Zeescheepvaart en Visserij, TNO, versie 3, 06.2007.

## 11 Betrouwbaarheid

Aan elk onderdeel van de emissieberekening is een betrouwbaarheid toegekend. De volgende betrouwbaarheidspercentages zijn hierbij gehanteerd: 1% 5% 10% 25% 50% 100% 200% en 400%. Een betrouwbaarheid van 1% wil zeggen dat het desbetreffende onderdeel zeer betrouwbaar is; een betrouwbaarheid van 400% betekent een grote onzekerheid in het desbetreffende onderdeel. Alle percentages er tussen geven van laag naar hoog een steeds kleinere betrouwbaarheid en een grotere onzekerheid. Voor elk van de onderdelen is de betrouwbaarheid ingeschat door een groep experts. Hierbij zijn onder andere de volgende punten in overweging genomen:

- Metingen: zijn er metingen beschikbaar? Om hoeveel metingen gaat het? Zijn ze recent realistisch en representatief? Hoe groot is de variatie?
- Als er geen metingen voorhanden zijn: is er veel literatuur of andere informatiebronnen beschikbaar?
- Als de emissie d.m.v. een model wordt verkregen: wat is de schaal van het model en is het model gevalideerd?
- Aannames: moeten er veel aannames gedaan worden en hoe groot zijn die?
- Regionalisatie: geeft de lokator een goed beeld van de ruimtelijke verdeling van de bron? Hoe groot is de variatie van de emissie in de ruimte en kan deze variatie door de lokator wel goed over Nederland verdeeld worden?

Tabel 9: Kwaliteit van gegevens

Onderdeel emissieberekening	Classificatie
Emissieverklarende variabele	30%
Emissiefactoren	100%
Verdeling compartimenten	0%
Emissieroute naar water	0%
Regionalisatie	10%

De emissiefactor wordt als onbetrouwbaar ingeschat omdat het gebruik en ingeschat verlies gebaseerd is op verouderde gegevens. De EVV en regionalisatie worden gezien als betrouwbaar

omdat de scheepvaartroutes vastliggen en goed bekend zijn. De verdeling compartimenten en de emissieroutes naar water worden gezien als zeer betrouwbaar omdat de emissie alleen direct naar water is.

## **12 Belangrijkste verbeterpunten**

De belangrijkste verbeterpunten zijn (in volgorde van belangrijkheid):

- De emissiefactoren verbeteren op basis van een onderzoek naar de trend in het gebruik van de verschillende soorten kathodische bescherming in de tijd in de internationale zeescheepvaart;
- Ook kan gepoogd worden een beter beeld te verkrijgen van het wisselen van ballastwater op het NCP en de actuele toepassing van zink- en aluminium anodes.

## **12 Reacties**

Voor vragen naar aanleiding van dit werkdocument of opmerkingen kan contact worden opgenomen Benjamin Ebbers, RWS-WVL, e-mail [benjamin.ebbers@rws.nl](mailto:benjamin.ebbers@rws.nl).

## **13 Referenties**

- [1] Hulskotte, J. en H. Oonk, Factsheet Emissies van Anodese bij Zeescheepvaart en Visserij, Versie 3, 02.2007.