

**Emissieschattingen Diffuse bronnen
EmissieRegistratie**

**Corrosie gegalvaniseerd
staal en bladzink**

Versie mei 2016

Op actualiteit gecontroleerd: mei 2024 -
Methodiek voor emissies van 2022 onveranderd
gebleven.

De gepresenteerde methode voor emissieberekening van de genoemde emissieoorzaken in deze factsheet is actueel, maar vanaf 2017 worden de nieuwe emissiecijfers niet meer toegevoegd. Ga voor de meest recente emissiecijfers naar de website van EmissieRegistratie (www.emissieregistratie.nl).

In opdracht van RIJKSWATERSTAAT - WV
Uitgevoerd door DELTARES en TNO

Corrosie gegalvaniseerd staal en bladzink

1 Omschrijving

Deze factsheet bevat een rekenmethode voor de emissies van zink naar water ten gevolge van afspoeling als gevolg van corrosie van bladzink en van gegalvaniseerd staal in diverse toepassingen. Dit vormt een belangrijke bron van zink. In onderstaande tabel staat een overzicht van relevante bronnen en de doelgroepen waaraan emissies worden toegerekend.

Tabel 1: Bronnen en doelgroepen in deze factsheet.

| Bronnen | Doelgroep | Bronindeling op EmissieRegistratie site |
|--|------------------------------|--|
| Bladzink | | |
| • zinken daken/dakgoten woningen | consumenten | Consumenten/huishoudelijk afvalwater |
| • zinken daken utiliteitsbouw | handel, diensten en overheid | HDO/produktgebruik HDO |
| Gegalvaniseerd staal | | |
| • verzinkt staal in tuinbouwkassen | landbouw | Landbouw/produktgebruik landbouw |
| • verzinkt staal van bouten en moeren | consumenten | Consumenten/produktgebruik consumenten |
| • verzinkt staal in constructies, skeletten, loodsen en gevels, e.d. | consumenten | Consumenten/produktgebruik consumenten |
| • verzinkt staal in overige toepassingen, hekwerken e.d. | consumenten | Consumenten/produktgebruik consumenten |
| • verzinkt staal in straatmeubilair | verkeer en vervoer | Verkeer en vervoer/wegverkeer-niet uitlaatgassen |
| • verzinkt staal in transport, trailers en aanhangers | verkeer en vervoer | Verkeer en vervoer/wegverkeer-niet uitlaatgassen |
| • verzinkt stalen vangrails in de wegenbouw | verkeer en vervoer | Verkeer en vervoer/wegverkeer-niet uitlaatgassen |
| • verzinkt staal in hoogspanningsmasten ¹⁾ | geen emissie | - |

1) Het zink in hoogspanningsmasten is volledig gecoat, waardoor er geen blootgesteld oppervlak van zink in hoogspanningsmasten zit. De hoogspanningsmasten veroorzaken hierdoor geen emissies.

2 Toelichting berekeningswijze

Emissies worden berekend door de vermenigvuldiging van een emissieverklarende variabele (EVV), hier het aan neerslag blootgesteld oppervlak aan zink, met een emissiefactor (EF), uitgedrukt in emissie per eenheid van de EVV. Deze berekeningswijze is uitgebreid toegelicht in de Handreiking Regionale aanpak diffuse bronnen [1].

$$\text{Emissie} = \text{EVV} * \text{EF}$$

Waarbij:

EVV = Blootgesteld oppervlak (km²)

EF = Emissiefactor (ton/km²/jaar)

De op deze wijze berekende emissie wordt de bruto emissie genoemd. Een specifiek deel hiervan komt terecht in het oppervlaktewater: de netto belasting van het oppervlaktewater.

Vanaf 2008 zijn de gegevens (EVV, EF en emissies) doorgekopieerd van 2007.

3 Emissieverklarende variabele

De emissieverklarende variabele is het blootgesteld oppervlak aan zink in de vorm van bladzink of in de vorm van gegalvaniseerd staal. Voor zowel het blootgesteld oppervlak aan bladzink als van gegalvaniseerd staal is een berekeningswijze opgesteld door van Tilborg [2,3]:

- Het blootgesteld oppervlak van bladzink in daken en dakgoten wordt bepaald met behulp van marktgegevens over afzet van zink, verminderd met toepassingsverliezen en de vervanging van de daken en dakgoten.

- Het blootgesteld oppervlak van gegalvaniseerd staal in diverse toepassingen wordt op vergelijkbare manier bepaald op basis van marktgegevens, gecorrigeerd voor verbeterde coatings en verminderd met vervanging en opgebruikt zink.

Details van beide berekeningen worden weergegeven in bijlage 1. Het resultaat is een inschatting van het totaal blootgestelde zink in Nederland in onderstaande tabel 2.

Tabel 2: Inschatting van totaal blootgesteld oppervlak zink in Nederland (km²).

| Bronnen | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010* | 2013* | 2014* |
|--|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| Bladzink | | | | | | | |
| • zinken daken/dakgoten woningen | 14.8 | 15.2 | 15.7 | 16.2 | 16.3 | 16.3 | 16.3 |
| • zinken daken utiliteitsbouw | 9.9 | 10.1 | 10.5 | 10.8 | 11.3 | 11.3 | 11.3 |
| Gegalvaniseerd staal | | | | | | | |
| • verzinkt staal in tuinbouwkassen | 1.5 | 1.6 | 1.8 | 2.0 | 2.1 | 2.1 | 2.1 |
| • verzinkt staal van bouten en moeren | 0.9 | 1.1 | 1.3 | 1.4 | 1.5 | 1.5 | 1.5 |
| • verzinkt staal in constructies, skeletten, loodsen en gevels, e.d. | 5.5 | 6.4 | 7.8 | 9.5 | 10.5 | 10.5 | 10.5 |
| • verzinkt staal in overige toepassingen, hekwerken e.d. | 4.0 | 4.4 | 5.0 | 5.5 | 5.7 | 5.7 | 5.7 |
| • verzinkt staal in straatmeubilair | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| • verzinkt staal in transport, trailers en aanhangers | 0.7 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 |
| • verzinkt stalen vangrails in de wegenbouw | 7.7 | 8.6 | 9.6 | 10.6 | 10.9 | 10.9 | 10.9 |

* Blootgesteld oppervlakte zink gekopieerd van 2008.

Het oppervlak aan bladzink in woningen is door van Tilborg [2] via een separate berekeningsmethode geverifieerd. Deze validatie staat beschreven in bijlage 2 en het resultaat hiervan is een bevestiging van het resultaat in tabel 2.

4 Emissiefactoren

De emissiefactoren van zink zijn per toepassing verschillend en zijn onder meer afhankelijk van de SO₂-concentratie in de neerslag en daarmee plaats en tijdsafhankelijk. Daarnaast speelt de ruimtelijke oriëntatie van het oppervlak dat wordt afgespoeld (horizontaal of verticaal vlak) een rol.

Op basis van SO₂-concentraties in neerslag is Nederland in twee regio's in te delen [4]. Regio 1 heeft hogere SO₂-concentraties en hogere afspoelingsnelheden dan regio 2. Regio 1 omvat Zeeland, Zuid-Holland en het zuidwestelijke deel van Noord-Brabant (veel verkeer en invloed lokale en Belgische industrie) en regio 2 omvat de rest van Nederland.

De SO₂-concentraties zijn verkregen via het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML) van het RIVM [5]. Een korte toelichting op deze SO₂ concentraties is gegeven in bijlage 3. Voor bronnen die gekoppeld zijn aan gebieden met een hogere SO₂-concentratie wordt de hoge factor van regio 1 toegepast. De bronnen die gekoppeld zijn aan deze gebieden zijn vangrails (i.v.m. uitlaatgassen wegverkeer), tuinbouwkassen (i.v.m. hoge luchtvochtigheid) en utiliteitsbouw/constructie (i.v.m. industriële locaties). De overige bronnen worden op basis van bevolkingsaantallen over de regio's verdeeld. Dus 71% van de EVV bevindt zich in regio 2 met een lage emissiefactor; 29% bevindt zich in regio 1 met een hoge emissiefactor.

De uiteindelijke emissiefactor van een bron in een bepaald jaar wordt berekend als

$$EF = (\% \text{ regio 1} * EF_{\text{regio 1}} + \% \text{ regio 2} * EF_{\text{regio 2}}) * \text{correctiefactor}$$

De toelichting hierop volgt hieronder. De waarden EF_{regio 1} en EF_{regio 2} worden gegeven in tabel 3. De percentages regio 1 en 2 en de correctiefactoren staan in tabel 4.

- SO₂-afhankelijkheid

De afspoelsnelheid is afhankelijk van de SO₂ concentratie in de neerslag en wordt berekend op basis van een formule van Odnevall et al. (1998, [6]):

$$\text{Afspoelsnelheid (g/m}^2\text{/jaar)} = 1,36 + 0,164 * [\text{SO}_2] (\mu\text{g/m}^3)$$

Tabel 3: Afspoelsnelheden voor zink (g/m²/jaar)

| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010* | 2013* | 2014* |
|---------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| regio 1 | 5.36 | 3.76 | 2.89 | 2.75 | 2.40 | 2.40 | 2.40 |
| regio 2 | 3.49 | 2.65 | 2.01 | 1.84 | 1.68 | 1.68 | 1.68 |

* Afspoelsnelheden zijn gekopieerd van 2007 omdat aangenomen is dat het SO₂ gehalte niet significant is veranderd in de jaren daarna.

- Ruimtelijke oriëntatie

Uit afspoelingsmetingen van RIZA [7] blijkt dat horizontale zinken oppervlakten bijna 4 keer zo veel afspoelen als verticale (respectievelijk 3,6 en 0,91 g/m² jaar). Op basis van deze metingen en informatie over de oriëntatie van de verschillende bronnen is een correctiefactor afgeleid voor de emissiefactoren van Odnevall (waarbij impliciet wordt aangenomen dat de metingen van Odnevall betrekking hebben op een gemiddelde oriëntatie). De correctiefactor wordt gegeven door:
 $(\% \text{ verticaal} * 0,91 + \% \text{ horizontaal} * 3,6) / 2,38$
 waarbij 2,38 de gemiddelde afspoelsnelheid is

In tabel 4 staat de verdeling over de verschillende regio's en de correctiefactor per bron. In [4] (hoofdstuk 3.1) wordt gemeld dat bij de huidige concentratie de relatie van Odnevall gebruikt mag worden.

Tabel 4: Verdeling bronnen over regio's 1 en 2, en correctiefactoren.

| Bronnen | regio 1 | regio 2 | verticale oriëntatie | correctiefactor op de EF |
|--|---------|---------|----------------------|--------------------------|
| Bladzink | | | | |
| • zinken daken/dakgoten woningen | 29% | 71% | * | 1 |
| • zinken daken utiliteitsbouw | 100% | 0% | * | 1 |
| Gegalvaniseerd staal | | | | |
| • verzinkt staal in tuinbouwkassen | 100% | 0% | 60% | 0.84 |
| • verzinkt staal van bouten en moeren | 29% | 71% | 50% | 0.97 |
| • verzinkt staal in constructies, skeletten, loodsen en gevels, e.d. | 100% | 0% | 80% | 0.59 |
| • verzinkt staal in overige toepassingen, hekwerken e.d. | 29% | 71% | 70% | 0.71 |
| • verzinkt staal in straatmeubilair | 29% | 71% | 90% | 0.50 |
| • verzinkt staal in transport, trailers en aanhangers | 29% | 71% | 60% | 0.84 |
| • verzinkt stalen vangrails in de wegenbouw | 100% | 0% | 72% | 0.71 |

Bij de berekening van het blootgestelde oppervlakte wordt er al rekening mee gehouden dat de helft van het oppervlakte niet wordt blootgesteld. Hierbij is de ruimtelijke oriëntatie dus al verwerkt.

5 Maatregelen en effecten

Een maatregel die effect heeft op de zinkemissies is het coaten van gegalvaniseerd staal, wat in het verleden veel minder gebeurde dan nu. Dit effect wordt verdisconteerd bij de berekening van de EVV: het blootgesteld oppervlak (zie tabel B1.3, bijlage 1).

Een maatregel die effect heeft gehad op de verdeling van emissies over de compartimenten is de toename van tuinbouwkassen die op het riool lozen. Dit komt doordat de kassen steeds meer zijn aangesloten op het riool. In 1990 ging naar schatting nog 75% van emissies naar de bodem, terwijl in 2005 nog maar 25% van de emissies naar de bodem ging en 50% van de emissies naar het riool. De overige 25% van de emissies naar het oppervlaktewater is constant gebleven (zie tabel 6).

6 Emissies

De emissies van zink door bladzink en door gegalvaniseerd staal worden berekend door vermenigvuldiging van het blootgesteld oppervlak (tabel 2) en de emissiefactor (tabel 3). Daarnaast worden de emissies gecorrigeerd met de correctiefactor uit tabel 4. De emissies staan in tabel 5.

Tabel 5: Emissies van zink door bladzink en gegalvaniseerd staal (ton/jaar).

| Bronnen | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2013 | 2014 |
|--|------|------|------|------|------|------|------|
| Bladzink | | | | | | | |
| • zinken daken/dakgoten woningen | 60 | 45 | 36 | 34 | 31 | 31 | 31 |
| • zinken daken utiliteitsbouw | 53 | 38 | 30 | 30 | 26 | 26 | 26 |
| Gegalvaniseerd staal | | | | | | | |
| • verzinkt staal in tuinbouwkassen | 6.75 | 5.05 | 4.37 | 4.62 | 4.19 | 4.19 | 4.19 |
| • verzinkt staal van bouten en moeren | 3.52 | 3.17 | 2.85 | 2.86 | 2.74 | 2.74 | 2.74 |
| • verzinkt staal in constructies, skeletten, loodsen en gevels, e.d. | 12 | 9.93 | 9.31 | 11 | 10 | 10 | 10 |
| • verzinkt staal in overige toepassingen, hekwerken e.d. | 11 | 9.28 | 8.04 | 8.22 | 7.66 | 7.66 | 7.66 |
| • verzinkt staal in straatmeubilair | 0.2 | 0.15 | 0.11 | 0.11 | 0.09 | 0.09 | 0.09 |
| • verzinkt staal in transport, trailers en aanhangers | 2.37 | 1.75 | 1.52 | 1.59 | 1.47 | 1.47 | 1.47 |
| • verzinkt stalen vangrails in de wegenbouw | 29 | 23 | 20 | 21 | 19 | 19 | 19 |

7 Verdeling compartimenten

De verdeling over de compartimenten staat samengevat in tabel 6 [8]. De emissies naar water bij woningen worden voor 100% als directe lozingen op het riool beschouwd. Voor emissies van vangrails wordt aangenomen dat ze voor 90% naar de bodem gaan en voor 10% naar het oppervlaktewater. Bij kassen wordt aangenomen dat 5% van de emissie naar de bodem gaat, 45% naar het riool en 50% naar het oppervlaktewater. Van alle overige bronnen is aangenomen dat 30% van de emissies in de bodem terecht komt en 70% van de emissies in het riool.

Toepassing van deze aannames op de emissies uit tabel 5, resulteert in de emissies van zink naar de compartimenten riool, oppervlaktewater en bodem zoals in tabel 7 staat vermeld.

Tabel 6: Verdeling emissies over de compartimenten.

| Onderdeel | bodem | oppervlaktewater | riool (hwa) |
|--|-------|------------------|-------------|
| Bladzink | | | |
| • zinken daken/dakgoten woningen | | | 100% |
| • zinken daken utiliteitsbouw | 30% | | 70% |
| Gegalvaniseerd staal | | | |
| • verzinkt staal in tuinbouwkassen ¹⁾ | 5% | 50% | 45% |
| • verzinkt staal van bouten en moeren | 30% | | 70% |
| • verzinkt staal in constructies, skeletten, loodsen en gevels, e.d. | 30% | | 70% |
| • verzinkt staal in overige toepassingen, hekwerken e.d. | 30% | | 70% |
| • verzinkt staal in straatmeubilair | 30% | | 70% |
| • verzinkt staal in transport, trailers en aanhangers | 30% | | 70% |
| • verzinkt stalen vangrails in de wegenbouw | 90% | 10% | |

1) De verdeling van emissies door kassen is veranderd in de loop van de jaren. De hierboven genoemde verdeling geldt vanaf 2000 en is gelijk aan de gebruikte verdeling bij glastuinbouw op substraatteelt [9]. De verdeling voor de jaren 1990 en 1995 is 25% naar oppervlaktewater en 75% naar bodem (ook gelijk aan de gebruikte verdeling van emissies uit glastuinbouw [9]).

Tabel 7: Verdeling zinkemissies door bladzink en gegalvaniseerd staal over de verschillende compartimenten (ton/jaar).

| Onderdeel | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2013 | 2014 |
|------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| bodem* | 53 | 40 | 33 | 33 | 29 | 29 | 29 |
| oppervlaktewater | 4.6 | 3.6 | 3.1 | 3.2 | 2.9 | 2.9 | 2.9 |
| riool (hwa) | 121 | 92 | 76 | 77 | 70 | 70 | 70 |

De emissies zijn in de EmissieRegistratie terug te vinden onder verschillende doelgroepen, zie tabel 1.

8 Emissieroutes via riool naar water

Emissies via riool naar water vinden plaats door middel van directe emissies op oppervlaktewater en indirect door emissies uit het rioleringsstelsel, via overstorten en effluenten van RWZI's. In de factsheet "Effluenten RWZI's, regenwaterriolen, niet aangesloten riolen, overstorten en IBA's" [10] wordt dit verder beschreven.

9 Regionalisatie

Voor de regionale verdeling van emissies wordt binnen de EmissieRegistratie gebruik gemaakt van een set van digitale kaarten, welke aanwezig is bij het RIVM. Deze set geeft de regionale verdeling in Nederland weer van allerlei grootheden, zoals de bevolkingsdichtheid, verkeersintensiteit, landbouwactiviteiten, etc. Binnen de EmissieRegistratie worden deze kaarten gebruikt als 'lokator' om de regionale verdeling van emissies vast te stellen. De set aan mogelijke lokatoren is beperkt (voor een overzicht van beschikbare lokatoren zie [11]), dus kan niet iedere denkbare grootheid als lokator worden toegepast. Daarom wordt die lokator gebruikt, waarvan wordt aangenomen dat hij het beste correleert met de emissie.

De verdeling van emissies over Nederland wordt aangenomen gelijk te zijn aan de verdeling van de lokator over Nederland.

In onderstaande tabel staat voor de verschillende emissieoorzaken de lokator weergegeven, waarmee emissies worden geregionaliseerd.

Tabel 8: Overzicht van wijze van regionalisatie van emissies.

| Bronnen | Lokatoren |
|--|---|
| Bladzink | |
| • zinken daken/dakgoten woningen | Aantal inwoners per gridcel van 500x500 meter |
| • zinken daken utiliteitsbouw | Aantal inwoners per gridcel van 500x500 meter |
| Gegalvaniseerd staal | |
| • verzinkt staal in tuinbouwkassen | Oppervlak glastuinbouw in m ² |
| • verzinkt staal van bouten en moeren | Aantal inwoners per gridcel van 500x500 meter |
| • verzinkt staal in constructies, skeletten, loodsen en gevels, e.d. | Aantal inwoners per gridcel van 500x500 meter |
| • verzinkt staal in overige toepassingen, hekwerken e.d. | Aantal inwoners per gridcel van 500x500 meter |
| • verzinkt staal in straatmeubilair | Aantal inwoners per gridcel van 500x500 meter |
| • verzinkt staal in transport, trailers en aanhangers | Aantal inwoners per gridcel van 500x500 meter |
| • verzinkt stalen vangrails in de wegenbouw | Verkeersintensiteit op autosnelwegen |

De wijze waarop de lokatoren tot stand komen wordt beschreven in [11]:

Aantal inwoners

Het aantal inwoners per gridcel van 500x500 meter is afkomstig uit de kaart 'toedeling naar gridcel op basis van aantal inwoners, woningen en inwoners/rioleringsseenheid', opgesteld door RIVM. Deze kaart is gebaseerd op CBS-statistieken over aantal inwoners en aantal woningen per gemeente (voor 2010). De verdeling van inwoners binnen de gemeente over de gridcellen is gedaan gebruik makend van het verrijkte bestand Adres Coördinaten Nederland (met adressen en woningtypen) en bestand RioleringsEenheden (2003).

Oppervlak glastuinbouw

Het oppervlak glastuinbouw is afkomstig uit de kaart 'toedeling naar gridcel op basis van bodemgebruik (LGN) en CBS landbouwtelling'. In deze kaart worden twaalf bodemgebruiksklassen onderscheiden op een detailniveau van 500*500 meter. Voor de totale landbouwarealen wordt uitgegaan van de cijfers binnen de CBS landbouwtelling. De spreiding van de diverse klassen over Nederland wordt direct overgenomen uit het LGN6 (Landelijk Grondgebruiksbestand voor 2007) Nederland. Het totale areaal uit het CBS wordt dus verdeeld over de ligging volgens het LGN6.

Verkeersintensiteit op snelwegen

De verkeersintensiteit op autosnelwegen is afkomstig van de kaart 'toedeling naar wegvak op basis van voertuigkilometers'. Deze kaart onderscheidt 6 categorieën, waaronder:

- Autosnelwegen (rijkswegen) personen- en bestelauto's
- Autosnelwegen (rijkswegen) vracht- en overig verkeer
- Provinciale wegen personen en bestelauto's
- Provinciale wegen vracht- en overig verkeer
- Bebouwde kom personen- en bestelauto's
- Bebouwde kom vracht- en overig verkeer

Gegevens over de ligging en de lengte van de weg(vakken) zijn afkomstig uit het Nationaal Wegenbestand (NWB) van de Adviesdienst Verkeer- en Vervoer (AVV). De intensiteiten (etmaalgemiddelde aantal voertuigen over het gehele beschouwde jaar x wegvaklengte) zijn voor de autosnelwegen berekend uit door AVV uitgevoerde tellingen en hebben betrekking op 2010.

10 Opmerkingen en wijzigingen ten opzichte van voorgaande jaren

In 2009 is de bron verzinkt staal in hoogspanningsmasten uit de tabellen verwijderd. Deze bron heeft geen emissies omdat het zink volledig gecoat is, waardoor er geen blootgesteld oppervlak van zink in hoogspanningsmasten is.

Voor de jaren 2008 tot en met 2014 zijn de gegevens van 2007 (EVV, EF en emissies) doorgekopieerd.

Originele factsheet:

Roovaart, J.C. van den (RWS WD), R. Dröge (TNO), H. Oonk (TNO) en J. Hulskotte (TNO), Corrosie gegalvaniseerd staal en bladzink, november 2007.

De factsheet wordt jaarlijks geupdate.

11 Betrouwbaarheid en verbeterpunten

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 ertussen 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 zijn er 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 EVV 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 EVV wel goed over Nederland verdeeld worden?

| Onderdeel emissieberekening | Betrouwbaarheidspercentage (%) |
|------------------------------------|--------------------------------|
| Emissieverklarende variabele | 25 |
| Emissiefactor | 50 |
| Verdeling compartimenten | 25 |
| Emissieroutes via riool naar water | 10 |
| Regionalisatie | |
| - Woningen en utiliteitsbouw | 25 |
| - Overige bronnen | 100 |

De emissieverklarende variabele voor het oppervlak is gebaseerd op een uitvoerig model, met daarin veel ervaringen vanuit de sector verwerkt. In dit model zijn echter veel aannames gedaan, waarvan

herkomst en nauwkeurigheid niet goed vaststaat. Daarnaast worden de getallen voor de EVV sinds 2007 niet meer geupdate, maar doorgesleuteld van het jaar 2007. Om deze reden krijgt de nauwkeurigheid van de emissieverklarende variabele een betrouwbaarheidspercentage van 25%. De emissiefactor is gebaseerd op een formule die in 1998 is gepubliceerd en een beperkt aantal metingen. Omdat er veel onzekerheden in deze factor zitten, wordt een betrouwbaarheid van 50% toegekend.

De verdeling van de emissies over de verschillende compartimenten is voor het grootste deel gebaseerd op aannames en inschattingen, hier wordt een betrouwbaarheid van 25% aan toegekend. De emissieroutes via riool naar water krijgen een betrouwbaarheidspercentage van 10%, zoals beschreven in de factsheet van de berekende effluenten RWZI's [10]. De regionalisatie is voor de meeste emissie-oorzaken gebaseerd op aantal inwoners. Voor emissies van woningen en utiliteitsbouw is dit een redelijk betrouwbare indicator (betrouwbaarheid van 25%); voor andere bronnen minder (betrouwbaarheid van 100%). Zo geldt voor de tuinbouwkassen en de vangrails dat de regionalisatie sterk afhankelijk kan zijn van de aan- of afwezigheid van sloten.

De belangrijkste verbeterpunten zijn:

- Checken van de aanname dat de SO₂ concentratie in 2007 gelijk is voor de jaren daarna.
- Nagaan of het onderscheid tussen de twee regio's nog steeds van toepassing is.
- Update van volume van blootgesteld oppervlak, dit wordt al vanaf 2008 gelijk gehouden, misschien vergelijken met Vlaamse aanpak/berekeningen?
- Bij de analyse 'Gat in de waterbalans' (vergelijk gemeten influent met geschatte influent) blijkt dat de schatting voor zink te laag is. Consumenten en Verkeer en Vervoer zijn de belangrijkste bronnen op het riool.
- Betere inhoudelijke omschrijving van bronnen en gerelateerd daaraan een betere schatting van de levensduur. Dit is vooral van toepassing voor de bron 'transport', waar een belangrijk deel van het gegalvaniseerd ijzer in aanhangwagens, trailers etc. verwerkt zit en een levensduur van 40 jaar lang lijkt.
- Verbetering van de toekenning van verdeling van de EVV per broncategorie over regio 1 en 2. Nu is de verdeling gebaseerd op de verdeling van het aantal inwoners in de gebieden. Nuancering van dit beeld heeft belangrijke invloed op uitloging.
- Nagaan of er een effect is van pekels(zout) op levensduur en uitloging van straatmeubilair, vangrails en andere verkeersgerelateerde bronnen.
- Bij regionalisatie van emissies kan een verbetering worden gerealiseerd door het ook toekennen van emissies aan de gescheiden rioleringsstelsels.

12 Reacties

Voor vragen naar aanleiding van dit werkdocument of opmerkingen kan contact worden opgenomen met emissieregistratie@deltares.nl.

13 Referenties

- [1] CIW/CUWVO werkgroep VI, februari 1997. Handreiking Regionale aanpak diffuse bronnen. Bijlage 1, par. 2.2
- [2] Van Tilborg Business Consultancy (VTBC), 2007a. Schatting atmosferisch blootgesteld bladzink. Van Tilborg, Velp.
- [3] Van Tilborg Business Consultancy (VTBC), 2007b. Schatting van de afspoeling naar water (riool) van atmosferisch blootgesteld gegalvaniseerd staal. Van Tilborg, Velp.
- [4] Korenromp, R. en Hollander, K., 1999. Diffusive emissions of zinc due to atmospheric corrosion of zinc and zinc coated (galvanised) materials. TNO-rapport R99-441, TNO, Apeldoorn.
- [5] RIVM, gegevens afkomstig uit het LML-meetnetwerk
- [6] Odnevall Wallinder, I., Verbiest, P., He, W. en Leygraf, C., 1998. The influence of patina age and pollutant levels on the runoff rate of zinc from roofing materials. Corrosion Science, 40, 1977-1982

- [7] Mourik, W. van, van der Mijle Meijer, H.J., van Tilborg, W.J.M. en Teunissen, R.J.M., 2003. Emissies van bouwmaterialen, vaststelling van afspoelsnelheden op basis van metingen aan proefopstellingen. RIZA rapport 2003.027, ISBN 9036956412, november 2003.
- [8] Coppoolse, J. et al., april 1993. Zware metalen in oppervlaktewater. Bronnen en maatregelen. SPEED-document. RIZA notanr. 93.012, RIVM notanr. 773003001.
- [9] Rijkswaterstaat Waterdienst, 2016. Lozing nutriënten vanuit glastuinbouw, factsheet diffuse bronnen. RWS-WD, Lelystad, mei 2016.
- [10] Rijkswaterstaat Waterdienst, 2016. Effluenten RWZI's, regenwaterriolen, niet aangesloten riolen, overstorten en IBA's, factsheet diffuse bronnen. RWS-WD, Lelystad, mei 2016.
- [11] Molder, R. te, 2007. Notitie ruimtelijke verdeling binnen de emissieregistratie. Een overzicht.
- [12] Most, P.F.J. van der, van Loon, M.M.J., Aulbers, J.A.W. en van Daelen, H.J.A.M., juli 1998. Methoden voor de bepaling van emissies naar lucht en water. Publicatierreeks Emissieregistratie, nr. 44.

Bijlage 1

Bladzink

Voor de bepaling van het blootgesteld oppervlak bladzink is belangrijk hoeveel bladzink er wordt geproduceerd. De berekening begint met de marktgetallen (in tonnen) van de 45 jaar voorafgaand aan het rapportagejaar (inclusief dat jaar). Van de hoeveelheid geproduceerd bladzink wordt slechts 85% toegepast en de rest is knipverlies bij de montage. Verder is het ook belangrijk hoeveel van het geproduceerde bladzink wordt gebruikt ter vervanging van oud bladzink. Dit loopt op van 50% in 1950 tot 70% in 2006. Volgens Van Tilborg [2] is uit marktevaluaties gebleken dat 70% van de gewalst zinkmarkt bestaat uit vervanging van eerder aangebracht zink. Dit blijkt ook al heel lang van deze omvang te zijn. De vervangingsmarkt voor 1955 wordt al op 50% geschat, omdat bladzink al vóór 1900 werd toegepast en vervanging vaak eerder wordt gedaan dan nodig. [2].

De hoeveelheid nieuw geplaatste bladzink in één jaar is te berekenen met de volgende formule:

$$N_J = M_J * T * (1 - V_J)$$

Waarvan:

- N_J = Hoeveelheid bladzink dat in een bepaald jaar nieuw geplaatst wordt (geen vervanging van oud bladzink) (ton)
- M_J = Hoeveelheid verkocht bladzink in jaar J (ton)
- T = Percentage bladzink dat toegepast wordt (%)
- V_J = Percentage van het gebruikte bladzink dat in een bepaald jaar geplaatst wordt ter vervanging van oud bladzink (%)

Om te bepalen wat de totale hoeveelheid blootgesteld bladzink in een bepaald jaar is, moet het nieuw geplaatste bladzink van de 45 voorgaande jaren bij elkaar worden opgeteld. Volgens Van Tilborg [2] lijkt deze periode van 45 jaar voldoende, omdat bij de meeste woningen de goten iedere 15 jaar worden vervangen. De totale hoeveelheid bladzink (in ton) kan omgerekend worden naar oppervlakte (in km^2) door te vermenigvuldigen met $0.000174 \text{ km}^2/\text{ton}$. De factor $0.000174 \text{ km}^2/\text{ton}$ is bepaald uit de gemiddelde dikte (0,8 mm) en het soortelijk gewicht ($0.714 \text{ ton}/\text{m}^3$) van zink. Één m^2 zink met een dikte van 0,8 mm weegt $1 * 0.008 * 0.714 = 0.00572$ ton. Dit is gelijk aan een omrekenfactor van $0.000174 \text{ km}^2/\text{ton}$.

Het totaal oppervlak blootgesteld bladzink wordt bepaald met de volgende formule:

$$E_{VV_R} = \sum_{J=[R-45,R]} (N_J * S)$$

Waarbij:

- E_{VV_R} = Totale hoeveelheid bladzink dat in het rapportagejaar R wordt blootgesteld en in de afgelopen 45 jaar is geplaatst (km^2)
- $\sum_{J=[R-45,R]}$ = Sommatie van het blootgesteld bladzink van afgelopen 45 jaar
- N_J = Hoeveelheid bladzink dat in jaar J nieuw geplaatst wordt (geen vervanging van oud bladzink) (ton)
- S = Omrekeningsfactor ton \rightarrow km^2 (hier $0.000174 \text{ km}^2/\text{ton}$)

Van dit totale blootgestelde oppervlak wordt aangenomen dat 60% van het oppervlak zich bevindt in daken/dakgoten van woningen en 40% in de utiliteitsbouw.

Tabel B1.1: Kwantificering blootgesteld oppervlak bladzink in 2008. Er wordt gerekend met de voorraad van de 45 jaar voorafgaand aan het rapportagejaar en deze wordt opgeteld (cumulatief blootgesteld oppervlak). De formules voor de berekening staan in bovenstaande tekst.

| Jaar | Markt (ton) | Toegepast (ton) | Vervanging (%) | Nieuw bladzink (ton) | Cumulatief blootgesteld gewicht (ton) | Cumulatief blootgesteld oppervlak (km ²) |
|------|----------------|--------------------|-------------------|-------------------------|---|--|
| 1961 | 7 650 | 6 503 | 55% | 2 926 | 2 926 | 0.5 |
| 1962 | 8 000 | 6 800 | 56% | 2 992 | 5 918 | 1.1 |
| 1963 | 8 350 | 7 098 | 56% | 3 123 | 9 041 | 1.6 |
| ↓ | | | | | | |
| 2004 | 13 500 | 11 475 | 70% | 3 443 | 142 791 | 24.8 |
| 2005 | 13 000 | 11 050 | 70% | 3 315 | 146 106 | 25.4 |
| 2006 | 13 000 | 11 050 | 70% | 3 315 | 149 421 | 26.0 |
| 2007 | 13 000 | 11 050 | 70% | 3 315 | 152 736 | 26.6 |
| 2008 | 13 000 | 11 050 | 70% | 3 315 | 156 051 | 27.2 |

Gegalvaniseerd staal

Gegalvaniseerd staal wordt voor verschillende toepassingen gebruikt. Het gegalvaniseerd staal heeft per toepassing een verschillende levensduur. In de bouw is de geschatte levensduur 50 jaar, terwijl in transport de geschatte levensduur slechts 15 jaar is. Gedetailleerde gegevens over de toepassing van gegalvaniseerd staal zijn over 1995 bekend. Daarom wordt (per toepassing) de hoeveelheid blootgesteld zink berekend uit het (in 1995 geproduceerde) gegalvaniseerd staal, met de volgende formule:

$$B_{1995,T} = M_{1995,T} * S_T * b_T$$

Waarbij:

$B_{1995,T}$ = Hoeveelheid zink dat in 1995 is geproduceerd en in dat jaar ook wordt blootgesteld, voor toepassing T (km²)

$M_{1995,T}$ = Hoeveelheid verkocht zink in 1995 voor toepassing T (ton)

S_T = Gemiddeld oppervlak per gewichtseenheid voor toepassing T (m²/ton)

b_T = Percentage van het oppervlak dat per toepassing wordt blootgesteld (%)

Tabel B1.2: Markt voor gegalvaniseerd staal in 1995.

| | Markt 1995 (ton) | Gem. opp. ¹⁾ (m ² /ton) | Blootstelling percentage ¹⁾ (%) | Blootgesteld 1995 (km ²) | Levensduur (jaar) |
|--|------------------------|---|--|--|----------------------|
| verzinkt staal in tuinbouwkassen | 20 905 | 40 | 10% | 0.084 | 25 |
| verzinkt staal van bouten en moeren | 13 086 | 40 | 10% | 0.052 | 30 |
| verzinkt staal in constructies, skeletten, loodsen en gevels, e.d. | 118 863 | 32.5 | 8% | 0.309 | 50 |
| verzinkt staal in overige toepassingen, hekwerken e.d. | 28 719 | 40 | 20% | 0.23 | 25 |
| verzinkt staal in straatmeubilair | 1 013 | 40 | 8% | 0.003 | 30 |
| verzinkt staal in transport, trailers en aanhangers | 9 521 | 40 | 15% | 0.057 | 15 |
| verzinkt stalen vangrails in de wegenbouw | 11 312 | 42.5 | 93% | 0.445 | 25 |
| verzinkt staal in hoogspanningsmasten | 462 | 30 | 0% | 0 | 50 |
| Totaal | 203 881 | | | 1.18 | |

1) Het blootstellingspercentage en het gemiddeld oppervlak zijn geschat door Van Tilborg [3].

Van de overige jaren wordt berekend hoeveel gegalvaniseerd staal nog steeds in gebruik is in het rapportagejaar voor alle toepassingen samen. Voor de bepaling van de hoeveelheid is belangrijk hoeveel gegalvaniseerd staal er wordt geproduceerd. De berekening begint met de marktgetallen van gegalvaniseerd staal (in tonnen). Daarnaast zijn er drie punten die invloed hebben op de hoeveelheid gegalvaniseerd staal dat wordt blootgesteld:

- *Verwijdering.* Er wordt aangenomen dat ieder jaar 1% voortijdig uit voorraad wordt genomen door verbouwing of vervanging. Dit getal is een voorzichtige schatting door Van Tilborg [3]. Na 30 jaar is dus 30% verwijderd en blijft nog 70% over.

- *Coaten*. In 1995 werd meer gecoat dan in de jaren daarvoor, waardoor de afspoeling van zink in 1995 lager is dan in eerdere jaren. Hier wordt voor gecorrigeerd met een correctiefactor, variërend van 1.3 in 1950 en 0.9 in 2000 t.o.v. 1995 [3].
- *Opgebruikt zink*. Het zink spoelt steeds verder af, totdat het allemaal is opgebruikt. Op basis van historische afspoelwaarden blijkt dat voor het jaar 1995 verzinkt staal, dat in 1965 werd ingezet, alle zink heeft verloren in het rapportagejaar. Omdat sommige voorwerpen eerder worden vervangen en andere door gunstige omstandigheden wat langer een restlaag zink zullen hebben, wordt een glijdende schaal aangenomen van 7 jaar vóór en 11 jaar na het kritische jaar [3].

De totale hoeveelheid gegalvaniseerd staal (alle toepassingen) wat van één bepaald productiejaar nog steeds in het rapportagejaar emissies heeft door afspoeling (de blootgestelde hoeveelheid), kan berekend worden met de volgende formule:

$$NG_{J,R} = M_J * v_{J,R} * c_J - M_J * o_{J,R}$$

Waar:

$NG_{J,R}$ = Totale hoeveelheid gegalvaniseerd staal dat van jaar J nog steeds in het rapportagejaar R emissies heeft (ton)

M_J = Hoeveelheid verkocht zink in jaar J (ton)

$v_{J,R}$ = Percentage zink dat in jaar J is geproduceerd en nog niet is verwijderd in rapportagejaar R (%)

c_J = Correctie voor coating in jaar J

$o_{J,R}$ = Percentage zink dat in jaar J is geproduceerd en is opgebruikt in rapportagejaar R (%)

Om de hoeveelheid blootgesteld zink in een bepaald jaar te berekenen, wordt een groeifactor bepaald per toepassing van het gegalvaniseerd staal. Dit wordt gedaan door de totale hoeveelheid gegalvaniseerd staal dat nog in gebruik is (en de afgelopen jaren, gedurende de levensduur, is geproduceerd) te delen door de hoeveelheid wat in 1995 is geproduceerd en dat nog in gebruik is. In tabel B1.3 staat een voorbeeld voor de berekening van de groeifactor voor constructie in 2006.

In onderstaande tabel staat de berekening met betrekking tot gegalvaniseerd staal voor het jaar 2006. De getallen in de laatste kolom (blootgesteld 2006) geven aan hoeveel ton gegalvaniseerd staal dat in een bepaald productiejaar is geplaatst nog steeds wordt blootgesteld en nog steeds een bron van zink emissies is in 2006.

Tabel B1.3: Kwantificering blootgesteld oppervlak gegalvaniseerd staal.

| Jaar | Markt (ton) | Nog niet verwijderd (%) | Correctie coaten | Opgebruikt zink (%) | Blootgesteld 2006 (ton) |
|---|-------------|-------------------------|------------------|---------------------|-------------------------|
| 1956 | 58 717 | 51% | 1.3 | 95% | 1 908 |
| 1957 | 62 529 | 52% | 1.3 | 95% | 2 073 |
| 1958 | 66 342 | 53% | 1.3 | 95% | 2 242 |
| ↓ | | | . | . | . |
| 1995 | 207 401 | 90% | 1.0 | 0% | 184 587 |
| ↓ | | | . | . | . |
| 2004 | 241 713 | 98% | 0.9 | 0% | 208 840 |
| 2005 | 245 526 | 99% | 0.9 | 0% | 214 344 |
| 2006 | 249 338 | 100% | 0.8 | 0% | 195 481 |
| 2007 | 253 150 | 100% | 0.8 | 0% | 200 495 |
| 2008 | 256 962 | 100% | 0.8 | 0% | 205 570 |
| Totaal 2008 voor constructie (levensduur = 50 jaar) | | | | | 6 142 628 |
| Groeifactor voor constructie in 2008 t.o.v. 1995 | | | | | 34.0 |

Om van 1995 of van een ander jaar de totale hoeveelheid blootgesteld zink van één toepassing te bepalen (dus blootgesteld in 1995 of een ander jaar, maar geproduceerd in de afgelopen jaren), moet het blootgestelde oppervlak uit 1995 vermenigvuldigd worden met de groeifactor, met de volgende formule:

$$E_{V_{R,T}} = B_{1995,T} * G_R$$

Waarbij:

$E_{V_{R,T}}$ = Blootgesteld oppervlak in rapportagejaar R en toepassing T (km²)

$B_{1995,T}$ = Hoeveelheid zink wat in 1995 is geproduceerd en in dat jaar ook wordt blootgesteld (km²)

$G_{R,T}$ = Groeifactor voor rapportagejaar R en toepassing T

Bijlage 2

Verificatie van de kwantificering oppervlak bladzink bij woningen

De schatting van het oppervlak aan bladzink is door van Tilborg [2] geverifieerd aan de hand van het woningbestand zoals dit wordt geregistreerd door het CBS. Daarbij komt het volgende aan de orde:

1. Alleen woningen zonder plat dak worden van een goot voorzien;
2. Voor verschillende typen woningen gelden verschillende hoeveelheden oppervlak van de betreffende goot;
3. In 2002 bedroeg het percentage van de omzet dat als goot werd geïnstalleerd 54% van het totaal. Bekend is dat dit percentage in het verleden groter was omdat de toepassing in dakranden, dakkapellen, daken en gevels -relatief ten opzichte van goten- reeds vele jaren stijgende is. Het gemiddelde percentage aan goten gerekend over de gehele rekenperiode (45 jaar) wordt geschat op 60%, maar is mogelijk hoger.

De schatting van het oppervlak aan goten op basis van het CBS-woningbestand 2004 levert het volgende op:

Tabel B2.1

| | Aantal (x1.000) | Plat dak 17% | Woningen met goot | 85% heeft Zn-goot | Oppervlak Zn-goot m ² /woning | Oppervlak km ² |
|------------------------|--------------------|-----------------|----------------------|----------------------|---|------------------------------|
| Vrijstaande woning | 960 | 163 | 797 | 677 | 5,92 | 4,0 |
| Halfvrijstaand | 840 | 143 | 697 | 593 | 5,18 | 3,1 |
| Hoekwoning | 818 | 139 | 679 | 577 | 4,44 | 2,6 |
| Rijtjeswoning | 1 858 | 316 | 1.542 | 1.311 | 4,44 | 5,8 |
| Anders | 88 | 15 | 73 | 62 | 4,44 | 0,3 |
| Totaal oppervlak goten | | | | | | 15,7 |

In 2005 werd volgens het begeleidende spreadsheet 27 km² (zie tabel B1.1, bijlage 1) aan gewalst zink als blootgesteld oppervlak op de markt gebracht. Volgens het bovenstaande bestaat 60% daarvan uit goten, hetgeen equivalent is aan 16,2 km². De uitkomst van de berekening op basis van het CBS-woningbestand (15,7 km²) lijkt daarmee in overeenstemming.

Bijlage 3

Toelichting op de berekening van de SO₂-concentratie en de afspoelsnelheid

Uit het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit van het RIVM zijn voor de verschillende jaren de jaargemiddelde SO₂-concentraties op basis van 24-uursgemiddelde meetwaarden in µg/m³ opgevraagd per meetstation (contactpersoon Hans Berkhout, Coördinator validatie en smog, RIVM\LVM\Luchtkwaliteit).

Er zijn 3 soorten meetstations:

- regionale stations (buiten bebouwd gebied, zonder invloed van lokale bronnen)
- stadsstations (in stedelijke omgeving binnen een straal van 35 m rond locatie met minder dan 2750 passerende voertuigen per 24 uur)
- straatstations (in stedelijke omgeving binnen een straal van 35 meter rond locatie met tenminste 10.000 passerende voertuigen per 24 uur).

De meetstations zijn, afhankelijk van de geografische ligging, ingedeeld naar de 2 regio's in Nederland [3]. Vervolgens zijn voor 4 verschillende combinaties gemiddelden berekend van de jaargemiddelde SO₂-concentraties per meetpunt (zie tabel B3.1):

Tabel B3.1: Jaargemiddelde SO₂-concentraties (µg/m³)

| | | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2007 | 2008 |
|---------|------------------------|-------|-------|-------|------|------|------|
| Regio 1 | Regionale stations | 21.53 | 10.58 | 6.57 | 3.42 | 3.42 | 3.42 |
| | Stad + straat stations | 25.31 | 15.96 | 10.25 | 7.35 | 7.35 | 7.35 |
| Regio 2 | Regionale stations | 9.29 | 5.10 | 2.29 | 1.31 | 1.31 | 1.31 |
| | Stad + straat stations | 14.21 | 8.79 | 4.50 | 2.20 | 2.20 | 2.20 |

Vervolgens is per jaar per regio een gewogen gemiddelde SO₂-concentratie berekend. Omdat het grootste deel van het zink is opgesteld in stedelijk gebied, wordt daarbij de SO₂-concentratie in stad+straat 3 maal zo zwaar meegeteld als de SO₂-concentratie in de regio. Tenslotte is vanuit de gewogen SO₂-concentratie de afspoelsnelheid berekend m.b.v. de formule van Odnevall [5]:

$$\text{Afspoelsnelheid (g/m}^2\text{/jaar)} = 1.36 + 0.164 * [\text{SO}_2] (\mu\text{g/m}^3)$$

Onderstaande tabellen geven de berekende gewogen SO₂-concentraties en de afspoelsnelheid per regio weer voor de verschillende jaren (zie tabellen B3.2 en B3.3).

Tabel B3.2: Gewogen SO₂-concentraties (µg/m³)

| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010* | 2013* | 2014* |
|---------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|
| Regio 1 | 24.37 | 14.62 | 9.33 | 8.49 | 6.36 | 6.36 | 6.36 |
| Regio 2 | 12.98 | 7.87 | 3.95 | 2.94 | 1.98 | 1.98 | 1.98 |

* Afspoelsnelheden zijn gekopieerd van 2007 omdat aangenomen is dat het SO₂ gehalte niet significant is veranderd in de jaren daarna.

Tabel B3.3: Afspoelsnelheden voor zink (g/m²/jaar)

| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010* | 2013* | 2014* |
|---------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| Regio 1 | 5.36 | 3.76 | 2.89 | 2.75 | 2.40 | 2.40 | 2.40 |
| Regio 2 | 3.49 | 2.65 | 2.01 | 1.84 | 1.68 | 1.68 | 1.68 |

* Afspoelsnelheden zijn gekopieerd van 2007 omdat aangenomen is dat het SO₂ gehalte niet significant is veranderd in de jaren daarna.