

**Emissieschattingen Diffuse bronnen
Emissieregistratie**

Slijtage stroomafnemers en bovenleidingen spoorwegen

Versie juni 2008

RIJKSWATERSTAAT – WATERDIENST
In samenwerking met DELTARES en TNO

Slijtage stroomafnemers en bovenleidingen spoorwegen

1 Omschrijving emissiebron

Een belangrijk deel van de treinen, trams en metro's wordt elektrisch voortbewogen. De elektriciteit wordt geleverd via koperen bovenleidingen, welke door de voertuigen via stroomafnemers wordt afgenomen. Het deel dat hierbij contact maakt met de bovenleiding (het sleepstuk) bestaat voornamelijk uit koolstof, met daarin verwerkt koper en lood. Tijdens het rijden slijten zowel de bovenleidingen als de sleepstukken van de stroomafnemers. Deze slijtage leidt tot een emissie van koper en lood en fijn stof. De emissiebron wordt toegerekend aan de doelgroep Verkeer en vervoer.

2 Toelichting berekeningswijze

De emissies worden berekend door de vermenigvuldiging van een emissieverklarende variabele (EVV), hier het elektriciteitsverbruik voor elektrisch voortbewogen trams, metro's en treinen, met een emissiefactor (EF), uitgedrukt in grammen emissie per eenheid energieverbruik. Deze berekeningswijze is uitgebreid toegelicht in de Handreiking Regionale aanpak diffuse bronnen [1].

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

Waarbij:

EVV = Elektriciteitsverbruik (kWh)

EF = Emissiefactor per kWh (kg/kWh)

De op deze wijze berekende emissie wordt de bruto emissie genoemd.

3 Emissieverklarende variabele

De emissieverklarende variabele is het elektriciteitsverbruik. Dit is een afgeleide methode. In eerste instantie is het aantal stroomafnemerkilometers met contact gebruikt als EVV. Deze stroomafnemerkilometers zijn echter niet altijd beschikbaar. Om die reden is het aantal kWh als afgeleide variabele aangenomen. Het elektriciteitsverbruik voor elektrisch voortbewogen trams, metro's en treinen wordt geregistreerd door CBS en staat weergegeven in tabel 1 [2].

Tabel 1: Elektriciteitsverbruik van elektrisch voortbewogen treinen, trams en metro's in Nederland (mln kWh)

	1990	1995	2000	2005	2006
spoorwegen	1.082	1.278	1.414	1.360	1.360
tram/metro/trolley	191	190	216	230	230

4 Emissiefactoren

De emissiefactoren voor koper, lood en fijn stof zijn gebaseerd op onderzoek door NS Centrum voor Technisch Onderzoek (CTO) [3,4] uit 1992. Deze schatten de totale koperemissie in 1992 in als weergegeven in tabel 2. Deze schatting is gebaseerd op waargenomen slijtage van bovenleidingen en stroomafnemers, waarbij is aangenomen dat een bovenleiding voor 100% uit koper bestaat en de stroomafnemers 25% koper en 10% lood bevatten.

De vorming van fijn stof in de totale hoeveelheid slijtagegedeeltes wordt door TNO geschat op 20% van de totale slijtage [5]. Voor de bovenleidingen en stroomafnemers worden de emissies van fijn stof op verschillende manieren berekend:

- Bovenleidingen bestaan volledig uit koper en de emissie van fijn stof is dus 20% van de koperemissie. Daarbij is 20% van de emissie van koper tevens fijn stof (zie tabel 2). In de cijfers zoals opgenomen in tabel 2 zit dus een overlap. In de Emissieregistratie zijn geen dubbeltellingen opgenomen.

- De stroomafnemers bestaan voor 25% uit Cu. De totale massaslijtage is 4 keer de emissie van koper; 20% van de totale weggesleten massa komt vrij als fijn stof, dus de fijn stof-emissie is 4/5^e van de koperemissie; 1/5^e van de fijn stofemissie bestaat uit fijne koperdeeltjes. Ook hier geldt dat 20% van de emissie van koper en lood tevens een emissie van fijn stof is. Behalve uit koper en lood bestaat het fijn stof dat vrijkomt bij slijtage van de stroomafnemers ook uit andere stoffen. Binnen de Emissieregistratie vinden op dit punt geen dubbeltellingen plaats.

Bij een totaal stroomverbruik in 1992 van $1200 \cdot 10^6$ kWh voor treinen en $186 \cdot 10^6$ kWh voor trams en metro's levert dit de emissiefactoren uit tabel 2 op. N.B: voor trams en metro's zijn geen emissies als gevolg van slijtage stroomafnemers gedefinieerd.

Tabel 2: Emissiefactoren elektrisch voortbewogen treinen, trams en metro's in Nederland

stof	emissie in 1992 (kg)	emissiefactor (mg/kWh)
<i>slijtage bovenleidingen treinen</i>		
koper	20.700	17,3
fijn stof (PM ₁₀) ¹⁾	4.100	3,4
<i>slijtage stroomafnemers treinen</i>		
koper	3.000	2,5
lood	1.200	1,0
fijn stof (PM ₁₀) ¹⁾	2.400	2,0
<i>slijtage bovenleidingen trams, metro's</i>		
koper	2.500	13,4
fijn stof (PM ₁₀) ¹⁾	500	2,7

¹⁾ 20% van de totale emissie bestaat uit fijn stof. In deze tabel wordt de emissie van fijn stof van koper en lood dubbel geteld. Bijvoorbeeld bij de slijtage van bovenleidingen kwam 2500 kg koper vrij in 1992. Dit bestaat voor 500 kg uit fijn stof. Deze 500 kg wordt bij de koper emissie en bij de fijn stof emissie genoemd.

Burkhardt et al (2008) [6] hebben onderzoek gedaan naar emissies van zware metalen door het treinverkeer in Zwitserland bij de SBB (Schweizerische Bundesbahnen) in 2003, hierbij gebruik makend van een aantal interne documenten van de SBB. Zij vinden voor koper een emissie uit bovenleidingen van 38 ton in 2003, omgerekend naar een emissiefactor van 6,48 kg/km. Aangezien het stroomverbruik volgens het UVEK [7] in de jaren 2001, 2002 en 2003 $2,3 \cdot 10^9$ kWh was – en deze waarden komen overeen met het stroomverbruik gerapporteerd door Brunner in 2001 [8] - is de emissiefactor per verbruik van vermogensseenheid 16,5 mg/kWh. Dit is sterk in overeenkomst met de gevonden emissiefactor van 17,3 mg/kWh bij de NS en deze waarde zal daarom in stand worden gehouden voor de berekening van de emissies.

5 Maatregelen en effecten

Er zijn geen effecten van maatregelen bekend.

6 Emissies

De resultaten van de berekeningen staan in tabel 3.

Tabel 3: Emissies van bovenleidingen en stroomafnemers (in kg/jaar)

	1990	1995	2000	2005	2006
<i>slijtage bovenleidingen treinen</i>					
koper	18.680	22.064	24.407	23.480	23.480
fijn stof (PM ₁₀)	3.736	4.413	4.881	4.696	4.696
<i>slijtage stroomafnemers treinen</i>					
koper	2.707	3.198	3.537	3.403	3.403
lood	1.083	1.279	1.415	1.361	1.361
fijn stof (PM ₁₀)	2.166	2.558	2.830	2.722	2.722
<i>slijtage bovenleidingen trams, metro's</i>					
koper	2.567	2.554	2.909	3.094	3.094
fijn stof (PM ₁₀)	513	511	582	619	619

7 Verdeling compartimenten

De verdeling van de emissies over de compartimenten staan vermeld in tabel 3 [4]. De emissies van fijn stof gaan voor 100% naar de lucht. 20% van de emissies van Cu en Pb komt vrij als fijn stof en voor deze 20% wordt aangenomen dat het een emissie naar de lucht is (dus 100% van het fijne stof betreft een emissie naar de lucht). Het overig deel van de emissies (het grovere stof) komt in de bodem of het riool terecht of blijft op de trein, tram of metro achter en wordt opgevangen in de wasinstallaties.

Trams en metro's rijden vooral binnen de bebouwde kom. Het deel van de emissies naar bodem of riool gaat daar vooral naar het riool; treinen rijden vooral buiten de bebouwde kom en als gevolg daarvan komen deze emissies vooral in de bodem terecht.

Tabel 4: Verdeling emissies over de compartimenten

	stof	aan trein	lucht	bodem	oppervlakte-water (direct)	riool (indirect naar water)
trein	koper/lood	10%	20%	65,6%	4,4%	0%
	PM ₁₀	0%	100%	0%	0%	0%
tram, metro	koper	10%	20%	0%	0%	70%
	PM ₁₀	0%	100%	0%	0%	0%

Tabel 5: Emissies naar de lucht (in kg)

	1990	1995	2000	2005	2006
koper	4.792	5.564	6.172	5.996	5.996
lood	217	256	283	272	272
PM ₁₀	6.415	7.482	8.293	8.037	8.037

Tabel 6: Emissies naar de bodem (in kg)

	1990	1995	2000	2005	2006
koper	14.030	16.572	18.332	17.635	17.635
lood	710	839	928	897	893

Tabel 7: Directe emissies naar oppervlaktewater (in kg)

	1990	1995	2000	2005	2006
koper	941	1.112	1.230	1.183	1.183
lood	48	56	62	60	60

Tabel 8: Emissies naar rioleringsstelsel (in kg)

	1990	1995	2000	2005	2006
koper	1.797	1.788	2.036	2.166	2.166

8 Emissieroutes naar water

Emissies naar water vinden indirect plaats door emissies uit het rioleringsstelsel, via overstorten, effluenten van RWZI's. In de factsheet "Effluenten RWZI's, regenwaterriolen, niet aangesloten riolen, overstorten en IBA's (2008)" [12] wordt dit verder beschreven.

9 Regionalisatie

Voor de regionale verdeling van emissies wordt binnen emissieregistratie gebruik gemaakt van een set van digitale kaarten, welke aanwezig is bij MNP. Deze set geeft de regionale verdeling in Nederland weer van allerlei grootheden, zoals de bevolkingsdichtheid, verkeersintensiteit, landbouwactiviteiten, etc. Binnen 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 [10]), 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 9: Overzicht van wijze van regionalisatie van emissies

Onderdeel	Lokatoren
spoorwegen	Verkeersintensiteit op elektrische spoorwegvakken
tram/metro/trolley	Verkeersintensiteit van trams

De wijze waarop de lokatoren tot stand komen wordt beschreven in [10]:

Verkeersintensiteit op elektrische spoorwegvakken

De verkeersintensiteit op elektrische spoorwegvakken is afkomstig van de kaart: 'toedeling naar spoorwegvak'. Gegevens over de ligging van de spoorwegvakken en de bijbehorende intensiteiten worden betrokken via MNP-Leef- en Omgevingskwaliteit (LOK), maar zijn afkomstig van ProRail. Het gaat hier om het databestand ASWIN (het vroegere 'Akoestisch Spoorboekje'). Deze informatie wordt jaarlijks verzameld, met als hoofddoel het mogelijk maken van geluidsberekeningen. Daartoe zijn naast intensiteiten ook gegevens aanwezig over o.a. geluidsbelasting per traject, snelheid en aanwezigheid van geluidsschermen. Bij het verdelen van de intensiteiten wordt onderscheid gemaakt tussen geëlektrificeerd en niet geëlektrificeerd spoor. Deze gegevens zijn afkomstig van een door CBS in 2005 gemaakt bestand.

10 Opmerkingen/wijzigingen ten opzichte van voorgaande jaren

De berekeningsmethodiek is niet gewijzigd ten opzichte van eerdere publicaties, zoals [9].

11 Betrouwbaarheid/verbeterpunten

Bij de classificatie van de kwaliteit van de informatie wordt zoveel mogelijk aangesloten bij de werkwijze die in de publicatiereeks Emissieregistratie wordt aangehouden [11]. 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.

De berekening van de emissiefactoren is gebaseerd op uitvoerig onderzoek valt in de categorie C. De emissieverklarende variabele is zeer nauwkeurig te monitoren. Echter de gekozen EVV is mogelijk niet de beste EVV voor slijtage en valt daarom in categorie C. De verdeling van de emissies over de verschillende compartimenten is valt in de categorie C. De emissieroutes naar water is vervolgens vrij duidelijk en krijgt de classificatie C. De regionalisatie van de emissies krijgt tenslotte betrouwbaarheidsclassificatie C.

Onderdeel emissieberekening	Betrouwbaarheidsclassificatie
Emissieverklarende variabele	C
Emissiefactoren	C
Verdeling compartimenten	C
Emissieroutes naar water	C
Regionalisatie	C

12 Reacties

Voor vragen naar aanleiding van dit werkdocument of opmerkingen kan contact worden opgenomen met Richard van Hoorn, RWS-WD 06-11532396, e-mail richard.van.hoorn@rws.nl.

13 Referenties

- [1] CIW/CUWVO werkgroep VI, februari 1997. *Handreiking Regionale aanpak diffuse bronnen*. Bijlage 1, par 2.2.
- [2] CBS, statline, www.statline.cbs.nl.
- [3] NS-CTO, 1992, Project koperemissies spoorwegverkeer (drie delen), NS-CTO, Utrecht.
- [4] Taakgroep Verkeer en Vervoer van het project Emissieregistratie, Methoden voor de berekening van de emissies door mobiele bronnen in Nederland, CBS, MNP, RIZA, TNO, AVV, November 2006.
- [5] Coenen P., Hulskotte J., Onderzoek naar de emissies naar oppervlaktewater van railverkeer in de provincie Zuid-Holland, TNO-rapport R98/187, TNO-Apeldoorn
- [6] Burkhardt, M.; Rossi, L.; Boller, M.; - Diffuse release of environmental hazards by railways – Desalination 226 (2008); 106-113
- [7] Schweizerische Eidgenossenschaft (Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK) – Der Energieverbrauch des Verkehrs 1990 – 2035; Ergebnisse der Szenarien I bis IV end der zugehörigen Sensitivitäten “BIP hoch”, “Preise hoch” und “Klima warmer”, 2007.
- [8] Brunner, C. – Energieverbrauch im Schienenverkehr; Bericht über die Kurzstudie, im Auftrag des Bundesamtes für Energie, 2001
- [9] Taakgroep Verkeer en Vervoer van het project Emissieregistratie, Methoden voor de berekening van de emissies door mobiele bronnen in Nederland t.b.v. emissie-monitor, jaarcijfers 2001 en ramingen 2002., CBS, MNP, RIZA, TNO, AVV, Februari 2004.
- [10] Molder, R. te, 2007. Notitie ruimtelijke verdeling binnen de emissieregistratie. Een overzicht.
- [11] 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.
- [12] Rijkswaterstaat Waterdienst, 2008. Effluenten RWZI's, regenwaterriolen, niet aangesloten riolen, overstorten en IBA's, factsheets diffuse bronnen. RWS-WD, Lelystad, juni 2008.