

CE
Centrum voor
energiebesparing en
schone technologie

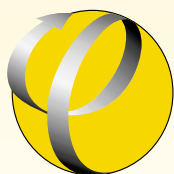
Oude Delft 180
2611 HH Delft
Tel: (015) 2 150 150
Fax: (015) 2 150 151
E-mail: ce@antenna.nl
URL: <http://antenna.nl/ce>

Milieubelasting van mobiele bronnen: 4 'vergeten' categorieën

Rapport

Delft, september 2000

Opgesteld door: ir. W.J. Dijkstra
 ir. J.M.W. Dings



Colofon

Bibliotheekgegevens rapport:

Dijkstra, ir. W.J., ir. J.M.W. Dings
Milieubelasting van mobiele bronnen: 4 'vergeten' categorieën
Delft : Centrum voor energiebesparing en schone technologie, 2000

Mobiele bronnen / Energieverbruik / Emissies / Normen / Milieubelasting /
Binnenvaart / Railverkeer / Trams / Metro / Trolleybussen / Inventarisatie /
Gegevensbestanden
VT: Legervoertuigen

Dit rapport kost f 27,50 (€ 12,48) (exclusief verzendkosten).
Publicatienummer: 00.4548.20

Opdrachtgever: Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider ir. W.J.
Dijkstra

©copyright, CE, Delft

Het CE in het kort

Het Centrum voor energiebesparing en schone technologie (CE) is een onafhankelijk onderzoek- en adviesbureau dat werkzaam is op het raakvlak van milieu, economie en technologie. Wij stellen ons tot doel om vernieuwende, structurele oplossingen te ontwikkelen die beleidsmatig haalbaar, praktisch uitvoerbaar en economisch verstandig zijn. Begrip van de verschillende maatschappelijke belangen is daarbij essentieel.

Het CE is onderverdeeld in vier sectoren die zich richten op de volgende werkvelden:

- milieu-economie
- verkeer en vervoer
- materialen en afval
- (duurzame) energie

Van elk van deze werkvelden is een publicatielijst beschikbaar. Geïnteresseerden kunnen deze opvragen bij het CE. Daarnaast verschijnt er tweemaal per jaar een nieuwsbrief met daarin een overzicht van de actuele projecten. U kunt zich hierop zonder kosten abonneren (tel: 015-2150150).

Inhoud

Samenvatting	1
1 Inleiding	3
1.1 Aanleiding tot het project	3
1.2 Doel	3
1.3 Afbakening	3
1.4 Werkwijze	4
2 Binnenvaart	5
2.1 Inleiding	5
2.2 Energiegebruik	5
2.3 Emissiefactoren in de binnenvaart	8
2.4 Emissies door de binnenvaart	10
2.5 Emissienormen vanaf 2002	10
2.6 Emissienormstellingen fase 2 en eisen aan bestaande motoren	13
2.7 Conclusies binnenvaart	14
3 Spoorvervoer	15
3.1 Inleiding	15
3.2 Algemene aspecten	15
3.2.1 Aandeel diesel en elektrische tractie	15
3.2.2 Emissiefactoren en eisen voor DE-locs	16
3.3 Personenvervoer	19
3.3.1 Gemiddeld energiegebruik 1998 personenvervoer per spoor	19
3.3.2 Efficiencyverbetering reizigersvervoer	20
3.3.3 Emissies reizigersvervoer per spoor	21
3.4 Goederenvervoer per spoor	21
3.5 Conclusies spoorvervoer	22
4 Tram, metro en trolleybus	25
4.1 Inleiding	25
4.2 Tram en metro	25
4.2.1 Energiegebruik tram en metro in de literatuur	25
4.2.2 Gegevens energiegebruik 1998	27
4.3 Trolleybus	28
4.4 Conclusies	29
5 Militaire voertuigbewegingen	31
5.1 Inleiding	31
5.2 Corinair 94 emissie-inventarisatie	31
5.3 Overzicht gegevens per krijgsmachtonderdeel 1998	32
5.3.1 Koninklijke Marine	32
5.3.2 Koninklijke Luchtmacht	33
5.3.3 Koninklijke Landmacht	34
5.3.4 Koninklijke Marechaussee	35
5.3.5 Dico (Defensie interservice commando)	36
5.4 Conclusies defensie	36
6 Totaaloverzicht en slotbeschouwing	39

6.1	Totaaloverzicht	39
6.2	Slotbeschouwing	40
	Bronnen	43
	Bijlage: elektriciteitsproductie en -distributie	47

Samenvatting

Vergeeten categorieën zijn voertuigcategorieën waarvoor (nog) geen emissienormeringen bestaan en/of waarvan relatief weinig gegevens bekend zijn over de exacte bijdrage aan de totale milieubelasting door de mobiele bronnen in Nederland.

In deze studie wordt de milieubelasting van enkele van deze vergeeten categorieën bestudeerd. Het betreft de binnenvaart, personen- en goederenvervoer per spoor, de tram, de metro en de trolleybus. Er wordt ook aandacht besteed aan de milieubelasting van de militaire voertuigen. De gebruikte gegevens zijn afkomstig van diverse bronnen waaronder CBS, exploitanten van het openbaar vervoer en defensie. Er zijn binnen dit onderzoek geen metingen verricht.

Het doel van deze studie is het maken van een overzicht van beschikbare gegevens over energiegebruik, emissies en emissiefactoren van enkele vergeeten categorieën in het personen- en goederenvervoer en van de militaire mobiele bronnen.

Bij de genoemde voertuigcategorieën wordt ingegaan op het totale energiegebruik en de totale uitstoot van met name CO₂ en NO_x, maar ook op overige emissies. Ook wordt voor het personen- en goederenvervoer de uitstoot of het energiegebruik per tonkm, voertuigkilometer of reizigerskilometer gerapporteerd. Dit geldt niet voor de militaire voertuigen.

De binnenvaart is volgens bovenstaande definitie binnenkort geen vergeeten categorie meer omdat er voor 2002 emissiewetgeving voor nieuwe binnenvaartmotoren is aangekondigd. De uitstoot van met name NO_x en deeltjes door de binnenvaart zal hierdoor afnemen. Indien ook een tweede fase emissienormstelling zal worden ingevoerd, zal de uitstoot van NO_x door de binnenvaart tot ca. 50% onder het niveau van de autonome ontwikkeling dalen.

Bij spoorvervoer wordt onderscheid gemaakt in dieselelektrische (DE) en elektrische (E) tractie. De NS publiceert bij het personenvervoer geen gedifferentieerde gegevens over energiegebruik en vervoersprestaties van dieselelektrische en elektrische treinen. Aan de mogelijke ontwikkelingen in de elektriciteitsopwekking wordt geen aandacht besteed in deze studie.

Het energiegebruik in het spoorvervoer komt voor ca. 15% voor rekening van goederentreinen terwijl hun aandeel in de NO_x-emissies van het spoorvervoer 3 maal zo hoog is (45%). Dit is te wijten aan het feit dat het aandeel DE-tractie in het goederenvervoer per spoor hoger is dan bij het personenvervoer (ca. 34% t.o.v. 6%). De milieubelasting van het goederenvervoer per spoor wordt hierdoor voor het merendeel bepaald door de DE-aangedreven treinen. Omdat normstellingen ontbreken zijn DE-locomotieven een echte vergeeten categorie geworden. Omdat kosteneffectieve mogelijkheden beschikbaar zijn om de milieubelasting van DE-locomotieven te reduceren, wordt aanbevolen het onderwerp emissies van DE-tractie te agenderen en te komen tot afspraken om maatregelen te treffen. Begonnen kan worden met een nauwkeurige inventarisatie van emissiefactoren en het definiëren van een maatregelenpakket.

Omdat er naast de NS in toenemende mate nieuwe exploitanten aanwezig zijn op het spoor, wordt aanbevolen deze in de toekomst ook te betrekken bij

inventarisaties van emissies en energiegebruik door het spoorvervoer. Ten slotte wordt aanbevolen om in de milieujaarverslagen van personen- en goederenvervoerders per spoor inzichtelijk te maken wat de aandelen DE- en E-tractie in de exploitatie zijn, omdat dit zeer bepalend is voor de milieuprestatie van het spoorvervoer.

Het elektrisch aangedreven personenvervoer (trein, tram, metro en trolley) is een schone vervoerwijze vergeleken met andere middelen van personenvervoer, zoals bus en auto. Ook het energiegebruik per reizigerskilometer is in de meeste gevallen lager. Efficiencyverbeteringen zijn te verwachten door innovaties zoals terugwinning van remenergie, bijvoorbeeld onder invloed van de MJA-energie-efficiency van de NS.

Het aandeel van tram, metro en trolleybus in het energiegebruik van mobiele bronnen is zeer gering (< 0,5%). Het aandeel in de luchtverontreinigende emissies is zelfs nog kleiner.

De milieubelasting van de mobiele bronnen van defensie (voertuigen, vaartuigen en vliegtuigen) wordt sinds kort beschreven in milieujaarverslagen van de defensieonderdelen. Op basis hiervan kan een indruk worden gekregen van de milieubelasting van deze categorie mobiele bronnen. Naar schatting dragen de mobiele bronnen van defensie voor 1,5% tot 2% bij aan het energiegebruik en de uitstoot door mobiele bronnen op Nederlands grondgebied. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat alle gerapporteerde milieubelasting van defensie kan worden toegerekend aan Nederlands grondgebied.



1 Inleiding

1.1 Aanleiding tot het project

In het onderzoek naar milieubelasting van verschillende categorieën vervoerswijzen wordt gebruik gemaakt van gegevens uit diverse bronnen. Voor categorieën zoals de vrachtauto's en personenauto's is een hoeveelheid statistisch materiaal beschikbaar waarmee de huidige emissiefactoren en milieubelasting goed in kaart kunnen worden gebracht. Ook toekomstige ontwikkelingen onder invloed van emissienormstellingen en volumeprognoses kunnen worden afgeleid.

In tegenstelling tot bij deze categorieën zijn bij een aantal categorieën vervoerswijzen deze gegevens minder goed in de statistieken beschikbaar. Om beter inzicht te krijgen in de emissies en emissiefactoren van deze zogenoemde vergeten categorieën heeft DGM van het Ministerie van VROM het CE gevraagd een studie te doen naar de milieubelasting van deze categorieën.

'Vergeten' categorieën zijn de voertuigcategorieën in het personen en goederenvervoer waarvoor geen bronbeleid, emissienormen of andere vormen van (internationaal) beleid voor emissiereductie zijn vastgesteld. Deze categorieën kunnen weliswaar slechts een relatief geringe bijdrage leveren aan de totale emissies maar dit aandeel kan door het uitblijven van maatregelen toenemen. Een kenmerk van vergeten categorieën is verder dat er weinig inzicht is in de werkelijke hoogte emissiefactoren.

1.2 Doel

Het doel van deze studie is het maken van een overzicht van beschikbare gegevens over energiegebruik emissies en emissiefactoren van enkele vergeten categorieën in het personen- en goederenvervoer.

1.3 Afbakening

In deze studie zal worden gekeken naar emissies en energiegebruik van de volgende voertuigcategorieën:

- Binnenvaartschepen;
- Personentreinen en goederentreinen;
- Tram, metro en trolley;
- Militaire voertuigen.

De afbakening betreft verder emissies en energiegebruik op Nederlands grondgebied in 1998. Er worden geen volumeprognoses gedaan. Emissies van CO₂, NO_x, CO, HC, SO₂ en PM₁₀ worden geïnventariseerd. Operationele aspecten zoals omrijfactoren en aan- en afrijden van het materieel worden niet in deze studie meegenomen.

1.4

Werkwijze

Om aan te sluiten bij de statistieken wordt uitgegaan van een “top down” benaderingswijze van de milieubelasting van de vervoerswijzen, tenzij “bottom up” resultaten beschikbaar zijn, zoals in de binnenvaartstatistieken. De resultaten zullen zo mogelijk worden gedesaggregeerd naar voertuigkenmerken of voertuigtoepassingen. De gebruikte informatie is voor het grootste deel afkomstig uit literatuurbronnen.

Per hoofdstuk wordt de milieubelasting van een voertuigcategorie in kaart gebracht. Er wordt afgesloten met een totaaloverzicht van energiegebruik en emissies van alle besproken categorieën. Hun bijdrage wordt vergeleken met het totaal van alle mobiele bronnen.



2 Binnenvaart

2.1 Inleiding

De berekeningen van het energiegebruik en de emissies in de binnenvaart kenden in de statistieken jarenlang een top down benadering. Het energiegebruik en de emissies van de binnenvaart werden afgeleid door de totale hoeveelheid getankte brandstof en de vlootgemiddelde emissiefactoren af te zetten tegen de vervoersprestatie. Recent is CBS ook begonnen met een bottom up berekeningswijze van het energiegebruik in de binnenvaart. In dit hoofdstuk wordt het energiegebruik van motorschepen en duwvaart afgeleid van CBS gegevens. Verder wordt aandacht besteed aan de ontwikkeling van de emissiefactoren.

2.2 Energiegebruik

Nieuwe rekenmethode CBS (bottom up)

Vroeger werd door CBS energiegebruik door de binnenvaart berekend door middel van enquêtes onder de ondernemers. Problemen als het niet congruent zijn van vervoersprestaties met de brandstofafzet konden optreden door onvolledigheid in vervoersenquêtes. Dit werd ondervonden in de studie Schoon schip in de Nederlandse binnenvaart (CE, 1997). De nieuwe methode van CBS gaat uit van gegevens van de vloot (geïnstalleerd motorvermogen), de vaarkilometers (beladen + leeg) en het gemiddelde brandstofverbruik per uur per kW motorvermogen (zie Tabel 1).

Tabel 1 Brandstofverbruik in g/kWh bij verschillende motorrendementen (bron: CBS, 1999a, Maandstatistiek)

tonnageklasse	21-250	250-400	400-650	650-1.000	1.000-1.500	1.500-3.000	>3.000
gemiddeld vermogen (kW)	132	171	259	398	577	999	1241
specifiek brandstofverbruik g/kWh	240	238	236	234	232	231	230

De vaartuigkilometers zijn bij deze methode een belangrijk gegeven, en zijn binnen de Nederlands landsgrenzen goed te berekenen. Hierbij wordt ook rekening gehouden met lege vaarkilometers. Verder is door CBS uitgegaan van 100% motorbelasting en een constante vaarsnelheid van 12 km/h voor binnenlandse reizen en 12 km/h voor buitenlandse reizen (laadvermogen <400 ton) en 13 km/h (laadvermogen 400-100 ton) en 14 km/h (laadvermogen > 1.000 ton). Beladinggraden spelen bij de berekening geen rol in het energiegebruik per km. Op basis van het totale vervoersvolume op NL-grondgebied (tonkm) of door Nederlandse schepen kan wel een gemiddelde milieubelasting per tonkm worden vastgesteld (zie Tabel 2).

Tabel 2 Energiegebruik (bottom up berekening CBS) en vervoersprestatie van Nederlandse binnenschepen, berekening uit CBS-gegevens

	1994	1995	1996	1997	1998
miljoen kg diesel NL schepen (CBS, 1999)	612	707	719	835	751
miljoen km NL schepen	70	77	75	85	75
kg/km	8,7	9,2	9,6	9,8	10,0
MJ/vaartuigkm	342	393	410	418	427
tonkm NL ondernemers CBS, (1999b)	55.102	54.753	55.566	61.433	57.818
MJ/tonkm	0,47	0,55	0,55	0,58	0,56

volume: CBS 1999b : Nederland en de scheepvaart op de binnenwateren

energiegebruik: CBS 1999a: energieverbruik door binnenschepen 1994 -1998

Het cijfer voor 1994 wijkt af. Dit komt omdat voor 1994 de lege kilometers niet zijn meegenomen in de berekening van CBS (CBS, 1999). De waarden voor de overige jaren in Tabel 2 (0,55 tot 0,58 MJ/tonkm) komen overeen met de door RIVM berekende waarde voor het jaar 1993 van 0,56 MJ/tonkm (RIVM, 1997). Het RIVM-cijfer heeft echter betrekking op NL-territorium terwijl de in Tabel 2 gepresenteerde gegevens betrekking hebben op Nederlandse schepen en Nederlandse ondernemers.

Bij de berekeningswijze van het CBS kunnen een aantal kanttekeningen worden geplaatst. De voornaamste is het uitgangspunt dat in alle gevallen met 100% van het beschikbare motorvermogen wordt gevaren en dat niet meer wordt uitgegaan van het werkelijke (gemonitorde) brandstofverbruik maar van het berekende brandstofverbruik.

Differentiatie energiegebruik binnenvaart

In het energiegebruik per tonkm zijn verschillende differentiaties mogelijk. Het CBS hanteert in de vervoerstatistieken de volgende indelingen:

- Naar scheepstype (vrachtschepen of tankschepen);
- Uitvoering van het vrachtschip of het tankschip: (motorschip, sleepschip, of duwvaart);
- Scheepsgrootte klassen (tonnage).

In de meest recente statistieken over energiegebruik van de binnenvaart (CBS, 1999) wordt alleen onderscheid gemaakt in het energiegebruik van motorschepen en van de duwvaart. Verdere differentiatie is dus niet mogelijk met de beschikbare gegevens. Hiervoor zijn aanvullende bottom up berekeningen nodig, of aanvullend onderzoek in niet gepubliceerde CBS-bestanden.

In Tabel 3 is het energiegebruik per tonkm gedifferentieerd naar soort schip en soort vaart voor het jaar 1998.



Tabel 3 Energiegebruik naar soort schip en soort vaart in 1998 (bron: CBS 1999, CBS 1999b en CBS 2000)

schip	soort vaart	tonkm (1)	PJ	MJ/tonkm
duwvaart	1. binnenlands	925	0,5	0,54
	2. alle schepen (1+3)	14.561	4,7	0,32
	3. internationaal	13.636	4,2	0,31
	4. Nederlandse schepen	--	2,7	--
	5. in Nederland	8.030	2,8	0,35
sleepschepen	1. binnenlands	190	--	--
	2. alle schepen	344	--	--
	3. internationaal	154	--	--
	4. Nederlandse schepen	--	--	--
	5. in Nederland	269	--	--
motorschepen	1. binnenlands	7.762	5,4	0,70
	2. alle schepen	75.438	44,0	0,58
	3. internationaal	67.676	38,6	0,58
	4. Nederlandse schepen	--	29,3	--
	5. in Nederland	32.414	19,9	0,61
totaal	1. binnenlands	8.877	6,0	0,68
	2. alle schepen	90.342	48,7	0,54
	3. internationaal	81.465	42,7	0,52
	4. Nederlandse schepen	57.618	32,1	0,56
	5. in Nederland	40.713	22,6	0,56

Uit deze tabel kan worden afgeleid dat het energiegebruik van duwvaart per tonkm gunstiger is dan van motorschepen, te verklaren door schaalvoordelen. Ook kan worden vastgesteld dat het energiegebruik per tonkm in het binnenlands goederenvervoer hoger is dan in het internationale vervoer. Differentiatie naar scheepsgrootte (tonnageklasse) kan met de beschikbare gegevens niet worden gemaakt omdat tonkilometers en energiegebruik gedifferentieerd naar scheepsgrootte klasse niet beschikbaar zijn.

Efficiencyverbeteringen in de binnenvaart

Het toekomstige energiegebruik in de binnenvaart wordt naast volume ontwikkelingen (wordt in dit rapport geen aandacht aan besteed) bepaald door de verwachte verbeteringen in brandstofefficiency. Dit kan onder meer worden bereikt door de volgende technische en logistieke verbeteringen:

- verhogen gemiddelde beladinggraden;
- kiezen optimale scheepsgrootte;
- kiezen juiste vaarsnelheid en de juiste motorvermogen (bijvoorbeeld met behulp van *on board* apparatuur zoals econometers);
- trend naar grotere vermogens (werkt negatief uit);
- vergroten schroefrendement / motorrendement;
- optimaliseren scheepsontwerp;
- aanstroomvereffeningsbuis;
- vaargedrag (bijv. met behulp van een economy-meter);
- toepassen van commonrail injectie;
- toepassen van schroeftunnels en straalbuizen.

Op scheepsniveau (bestaande schepen) worden met bovenstaande aanpassingen potentieel verbeteringen mogelijk geacht tot 30%. Realistische verbeteringen zijn 10-20% (NEA,1990) door het toepassen van rompverlenging, schroeftunnels e.d. Schroeftunnels zijn al zeer gangbaar in de nieuwbouw.

In (CE 1997) wordt op basis van deze verbeteringen een potentiële verbetering verondersteld van enkele tientallen procenten. De rentabiliteit is echter gering wegens de lage brandstofprijzen in de binnenvaart. Aangezien vele technische aanpassingen van het scheepscasco mogelijk zijn, maar dat deze casco's vaak 30 jaar of langer mee gaan wordt het effect op de vlootgemiddelde energiegebruik zeer gering verondersteld.

Inschatting bandbreedte efficiencyverbetering 0,2% tot 0,5% per jaar

Onder de aanname dat de potentiële efficiencyverbetering per schip van 30% bij nieuwe schepen naar schatting voor 25% wordt benut en een toename van het aandeel in de vloot met 7% per jaar¹, bedraagt de jaarlijkse efficiencyverbetering van de vloot 0,5% (= 30% * 25% * 7%). Onder deze aannames zal bij een volumegroei van de binnenvaart met meer dan 0,5% per jaar het totale energiegebruik dus toenemen. RIVM gaat in MV4 en MV5 uit van een groei van tonkilometers met 0,5% per jaar en een groei van het energiegebruik met 0,3% per jaar. De efficiency verbetering bedraagt in dat geval ca. 0,2% per jaar.

2.3 Emissiefactoren in de binnenvaart

Bestaande vloot: emissiefactoren

Er bestaat geen 100% zekerheid over de hoogte van de gemiddelde emissiefactoren van de bestaande binnenvaartvloot, omdat er geen emissienormen en vrijwel geen typekeuringscertificaten bestaan voor de geïnstalleerde motoren in de bestaande vloot. Een andere reden is dat er nooit een uitgebreid meetprogramma naar emissiefactoren werd uitgevoerd.

Daarom wordt in de berekeningen naar milieubelasting van de huidige binnenvaartvloot daarvan (o.a. CBS, RIVM, CE) uitgegaan van vlootgemiddelde emissiefactoren die zijn vastgesteld op basis van metingen in gelijksoortige dieselmotoren, bijvoorbeeld in de zeevaart (Marine Exhaust Emissions Research Programme van Lloyd's, 1995). Ook wordt gebruik gemaakt van de emissiefactoren van de generatie vrachtwagenmotoren uit de tijd dat er nog geen emissienormstellingen waren of uit een gering aantal beschikbare meetresultaten (CE 1997). De in de literatuur gebruikte emissiefactoren zijn weergegeven in Tabel 4. Deze emissiefactoren zijn niet gedifferentieerd naar leeftijd of andere kenmerken van de motoren of de schepen. De door CBS gebruikte vlootgemiddelde emissiefactoren zijn sinds jaren ongewijzigd.

¹ In 'Schoon schip in de Nederlandse Binnenvaart' (CE, 1997) werd gerekend met de aanname dat in 30 jaar alle motoren vervangen zouden zijn. Er werd hierbij uitgegaan van een **gemiddelde** levensduur van 15 jaar. Van de 'oude' motoren wordt derhalve in het eerste jaar 1/15 (ca. 7%) vervangen. Van de resterende oude motoren wordt elke volgende jaar een afnemende percentage vervangen, zo dat na 30 jaar alle motoren vervangen zijn.

Tabel 4 Emissiefactoren (g/kg brandstof) binnenschepen gehele Nederlandse vloot (bron: RIVM, CBS, CE)

	RIVM (1997)	RIVM (1998) 85% MCR	RIVM (1998) 25% MCR	CBS (1999)	CE (1997)
CO ₂	3130	3100	3100	3130	3130
NO _x	60	60	50	60	55
HC	3	3	6	3	--
PM ₁₀	4	4	5,6	4	--
CO	3	3	6	3	--
SO ₂	3,4	3,4	3,4	3,6	3,4

*) MCR = Maximum Continuous Rating (Maximaal motorvermogen)

Tabel 5 Emissiefactoren in gram/kWh niveau (berekening CE uitgaande van de gegevens uit Tabel 4 en een motorrendement van 40%)

	RIVM (1997)	RIVM (1998) 85% MCR*)	RIVM (1998) 25% MCR	CBS	CE (1997)
NO _x	12,6	12,6	10,5	12,6	11,6
HC	0,6	0,6	1,2	0,6	--
PM ₁₀	0,8	0,8	1,2	0,8	--
CO	0,6	0,6	1,2	0,6	--

*) MCR = Maximum Continuous Rating

Uit de bovenstaande tabel blijkt dat vaak wordt uitgegaan van dezelfde gegevens.

Bestaande vloot: meting emissiefactoren

Om de milieubelasting van de binnenvloot beter in kaart kunnen te brengen wordt momenteel onderzocht door V&W en VROM op welke wijze de actuele emissies en emissiefactoren kunnen worden vastgesteld en kunnen worden gekoppeld aan andere kenmerken van de motor zoals leeftijd, inspuitechniek, vermogensklassen, en aandeel in het totale brandstofverbruik van de vloot. Hierbij zal onderscheid worden gemaakt naar motortypen, leeftijd van de motor, gemiddeld aantal draaiuren per jaar. Resultaten zijn momenteel nog niet beschikbaar, maar zullen worden gebruikt om een beter beeld te vormen van de milieuprestaties van de bestaande vloot en om gericht milieumaatregelen te kunnen treffen bij bepaalde motortypen of vlootsegmenten. Ook in de andere lidstaten van de CCR (m.n. Frankrijk en Duitsland) worden voorbereidingen getroffen om een inventarisatie van de emissiekenmerken van de bestaande vloot te maken. Binnen de CCR wordt gestreefd naar afstemming inzake de meetmethode.

Eerste indicaties van metingen in Nederland wijzen uit dat mogelijk de oudere motorengeneraties minder hoge NO_x-emissiefactoren laten zien de eerste generaties motoren met directe insputing. Dit is te wijten aan het feit dat de laatste groep motoren is ontwikkeld op een hogere brandstofefficiency en ten gevolge daarvan onder meer werkt met hogere temperaturen en drukken. Deze voor NO_x gunstige vormingscondities leiden tot een hogere NO_x-uitstoot dan bij de oudere generatie voorkamer-motoren. Hoeveel invloed dit heeft op de vlootgemiddelde emissiefactoren waarvan momenteel steeds wordt uitgegaan, is niet bekend omdat niet bekend is welk deel de verschillende motortypen uitmaken van het totaal.

2.4 Emissies door de binnenvaart

Tabel 6 Energiegebruik en emissies (kton) binnenvaart op Nederlands grondgebied 1995 –1998 (CBS, bewerking CE)

	Motorschepen	Duwvaart	Totaal *
PJ			
1995	17,4	3,1	20,5
1996	17,5	2,8	20,4
1997	21,6	2,5	24,1
1998	19,9	2,6	22,5
CO ₂			
1995	1275	227	1503
1996	1283	205	1495
1997	1583	183	1767
1998	1459	191	1649
NO _x			
1995	24,4	4,4	28,9
1996	24,7	3,8	28,6
1997	30,3	3,4	33,9
1998	28,0	3,7	31,7
HC			
1995	1,2	0,2	1,4
1996	1,2	0,2	1,4
1997	1,5	0,2	1,7
1998	1,4	0,2	1,6
PM ₁₀			
1995	1,6	0,3	1,9
1996	1,6	0,3	1,9
1997	2,0	0,2	2,3
1998	1,9	0,2	2,1
CO			
1995	1,2	0,2	1,4
1996	1,2	0,2	1,4
1997	1,5	0,2	1,7
1998	1,4	0,2	1,6
SO ₂			
1995	1,4	0,2	1,6
1996	1,4	0,2	1,6
1997	1,7	0,2	1,9
1998	1,6	0,2	1,8

*) exclusief passagiersschepen, en –veren, recreatievaart, baggerschepen, sleepvaart en vissersschepen.

In bovenstaande tabel is uitgegaan van het brandstofverbruik op Nederlands grondgebied (CBS, 1999) en de emissiefactoren van het CBS (emmob). Deze gegevens heeft CE omgerekend naar emissies in kton per jaar (zie tabel 6)

2.5 Emissienormen vanaf 2002

Nieuwe motoren

Onder invloed van emissienormstellingen voor nieuwe dieselmotoren voor de binnenvaart, zullen nieuwe binnenvaartmotoren schoner zijn dan de gemiddelde bestaande motoren in de vloot. Besluitvorming over deze norm-

stelling heeft plaatsgevonden in mei 2000 door de CCR. De eerste fase van de norm zal van kracht worden met ingang van het jaar 2002 en is onder meer gebaseerd op de IMO-normen voor NO_x-emissies in de zeevaart (IMO Marpol 73/78 Annex VI) en op de normen voor mobiele werktuigen (richtlijn 97/68/EEC). Een tweede fase normstelling wordt voorzien in of na het jaar 2005. Onderzocht wordt nog door CCR of eisen voor bestaande motoren mogelijk deel zullen uitmaken van toekomstige regelgeving die na fase 1 zal worden geïmplementeerd.

De CCR-emissiegrenswaarden zijn afgeleid van twee verschillende emissienormen (zie Tabel 7).

Tabel 7 Voorstel eerste fase CCR-emissienormering nieuwe binnenvaartmotoren per 2002

vermogenscategorie	emissiecomponent	normstelling afgeleid van:
>130 kW	NO _x	IMO (MARPOL 73/78 Annex VI)
	CO, HC, deeltjes	mobiele werktuigen (97/68 EG)
37 – 130 kW	NO _x , HC, CO, deeltjes	

Tabel 8 Emissienormering mobiele werktuigen in g/kWh (97/68/EEC) gemeten volgens ISO 8178 C1

Vermogen	Datum	CO	HC	NO _x	PM
fase 1					
130–560	01.1999	5,0	1,3	9,2	0,54
75-130	01.1999	5,0	1,3	9,2	0,70
37 –75	04.1999	6,5	1,3	9,2	0,85
fase 2					
130 – 560	01.2002	3,5	1,0	6,0	0,2
75 – 130	01.2003	5,0	1,0	6,0	0,3
37- 75	01.2004	5,0	1,3	7,0	0,4
18-37	01.2001	5,5	1,5	8,0	0,8

Nieuwe binnenvaartmotoren 37 – 130 kW

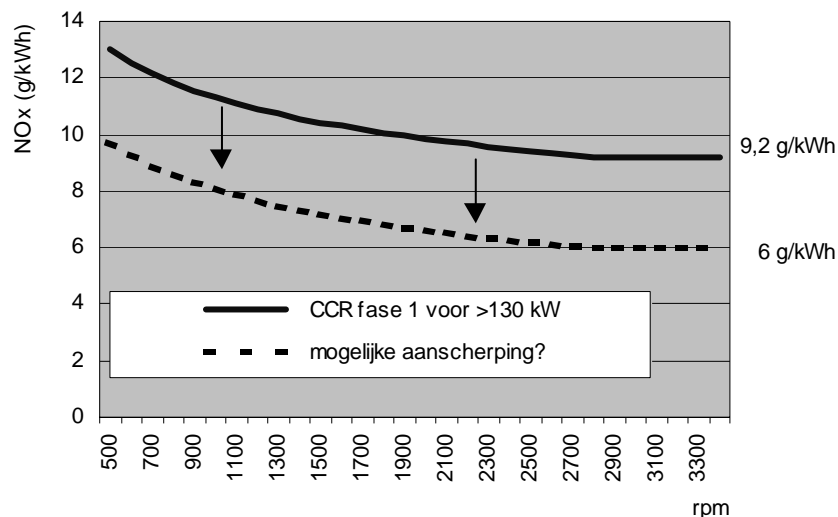
Voor motoren van 37-130 kW is aangesloten bij de eerste fase emissienormen die gelden voor mobiele werktuigen tot 560 kW. Hiervoor zijn in 1998 in de EU richtlijnen vastgesteld (97/68/EG). Dit betreft normen voor NO_x, deeltjes HC en CO. De meeste motoren in de binnenvaart zijn echter > 130 kW. De EU-emissiegrenswaarden voor mobiele werktuigen zijn opgenomen in Tabel 8). De zwaarste categorie mobiele werktuigen (tot 560 kW) zal in 2002 al worden aangescherpt tot 6 gram NO_x per kWh, terwijl nieuwe scheepsdieselmotoren van deze vermogenscategorie dan maximaal in de orde van grootte van 9 –10 g/kWh zitten.

Nieuwe binnenvaartmotoren > 130 kW

De meeste motoren in de binnenvaart hebben echter een motorvermogen > 130 kW, en moeten voor NO_x voldoen aan de IMO-curve (zie Figuur 1). De maximaal toegestane NO_x-emissiewaarde is toerentalafhankelijk. Bij een typische binnenvaartmotor varieert het maximum toerental van 1.600 - 1.800

rpm. Dit betekent dat de NO_x -norm voor veeltoegepaste binnenvaartmotoren met ingang van 2002 op ca. 10 g/kWh komt te liggen.

Figuur 1 NO_x -emissienorm per 2002 voor nieuwe binnenvaartmotoren > 130 kW, gebaseerd op de IMO-eisen en een mogelijke 2^e fase eis



Tabel 9 Emissienormen voor binnenvaartmotoren (g/kWh) fase 1 CCR m.i.v. 2002

kW →	37-75	75-130	>130	
rpm →	alle	alle	>2.800	500-2.800
NO_x	9,2	9,2	9,2	$45 \cdot n^{-0,2}$
HC	1,3	1,3	1,3	
PM_{10}	0,85	0,70	0,54	
CO	6,5	5,0	5,0	

Hoewel de norm pas per 2002 zal ingaan mag er van uitgegaan worden dat de meeste nieuwe motoren die in de binnenvaart worden geïnstalleerd nu reeds aan de per 2002 door CCR gestelde NO_x - en deeltjesnormen voldoen. Dit komt omdat binnenvaartmotoren veelal worden afgeleid van maritieme motoren waarvoor sinds 2000 de IMO-normstelling van kracht is. Enkele fabrikanten leveren momenteel motoren die zelfs ruim onder deze norm zitten (zie ook VAMIL lijst 1999). Er zijn fabrikanten die NO_x -emissies opgeven (ISO 8178) van 7 tot 8 g/kWh (gegevens Bureau Innovatie Binnenvaart). De normstelling per 2002 betreft daarom geen substantiële aanscherping maar het verheft de stand van de techniek bij nieuwe motoren tot normstelling.

Afhankelijk van de penetratiesnelheid in het park en de hoogte van de huidige emissiefactoren in de vloot, zal dit de totale emissies sneller of minder snel doen afnemen. Het effect van deze normstelling is daarnaast afhankelijk van de hoogte van de emissies van de bestaande binnenvaartvloot (baseline).

Mogelijkerwijs zal na invoering in 2002 van de eerste fase eis op termijn ook een aangescherpte tweede fase eis voor nieuwe binnenvaartmotoren van kracht worden. Hierover worden besprekingen gevoerd in CCR-verband. De invoeringsdatum en de hoogte van de norm zijn nog niet vastgesteld. De hoogte van deze norm kan in de orde van grootte liggen van de normen die met ingang van 2002 gelden voor mobiele werktuigen (6 tot 7 g/kWh, afhankelijk van het toerental).

Naast de aangescherpte normen voor nieuwe motoren bestaan er gedachten binnen de CCR om regels op te stellen voor emissies van bestaande motoren in de vloot. De haalbaarheid hiervan is voor een groot deel afhankelijk van mogelijkheden die er zijn om op een eenvoudige wijze de emissies van bestaande motoren vast te stellen. Dit betekent dat bestaande motor moeten voldoen aan een bepaalde norm (emissienorm voor NO_x), vast te stellen na een eenvoudige meting. Momenteel wordt er onderzocht welke meetmethode hiervoor geschikt is en uiteraard welke emissie-grenswaarde wordt aangehouden. De gevolgen van het niet voldoen aan deze norm zijn onderwerp van verder onderzoek door de CCR. Strikt genomen lopen de mogelijkheden hiervoor uiteen van technische aanpassingen aan de motor tot het geheel vervangen van de motor. Een van de eerste vereisten is op dit moment een goede, betrouwbare (en goedkope) meetmethode voor NO_x -emissies.

Een dergelijke eenvoudige meetmethode kan ook worden gebruikt voor een goede nulmeting (emissie-inventarisatie) aan de bestaande vloot. De resultaten hiervan kunnen inzicht geven in het nut, de noodzaak en eventueel ook over de uitwerking en de kosteneffectiviteit van een nieuwe normstellingen. De meetmethode is zoals gezegd momenteel onderwerp van studie bij de CCR.

Toekomst?

Voor NO_x -emissies van de Nederlands binnenvaartvloot is een inschatting gemaakt van de toekomstige emissies bij autonome ontwikkelingen en bij het invoeren van emissienormen door de CCR.

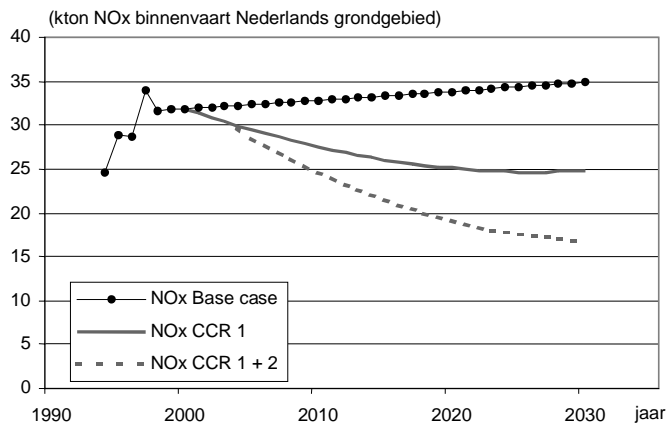
Bij gemiddelde levensduur van 15 jaar (een jaarlijkse vervanging van ca. 7% van de motoren) kan een eenvoudige benadering worden gemaakt van de afname van de emissies van de binnenvaart.

De volgende aannames zijn hierbij gedaan:

- Het totale brandstofverbruik door de binnenvaart neemt jaarlijks toe met 0,3% (dit is de prognose uit MV4 en MV5 voor 1995 - 2020);
- De hoeveelheid brandstof die verbruikt wordt door de bestaande vloot neemt elk jaar af met ca. 7% als gevolg van instroom van nieuwe motoren of vervanging van oude motoren door nieuwe motoren;
- De NO_x -emissiefactor van bestaande vloot bedraagt gemiddeld 60 gram per kg dieselolie en voor de fase 1 en fase 2 motoren resp. 40 en 30 g/kg;
- Na 30 jaar zijn alle motoren vervangen.

Uit deze eenvoudige benadering kan worden afgeleid dat de introductie van fase 2 in 2030 leidt tot 50% reductie van de NO_x -emissies ten opzichte van wanneer geen beleid zou worden gevoerd. Emissies in de toekomst zijn afhankelijk snelheid van de instroom van de nieuwe motoren, de datum van ingang van de fase 2 normstelling, de hoogte van de fase 2 normstelling, de vervangingsnelheid, en de emissiefactoren van de bestaande vloot.

Figuur 2 Inschatting van de ontwikkeling NO_x-emissies op Nederlands grondgebied onder invloed van respectievelijk CCR1 en de veronderstelde CCR 2 normstelling



2.7 Conclusies binnenvaart

De prognoses van de ontwikkeling van de emissies van de binnenvaart zijn sterk afhankelijk van de vlootgemiddelde emissiefactoren van de bestaande vloot. Ook de snelheid van instroom van nieuwe motoren, de toekomstige wijze van aanpak van de emissies van bestaande motoren in de vloot is hierop van invloed. Hiervoor is meer kennis nodig emissiefactoren en de vervangingsnelheid van bestaande motoren in de vloot.

3 Spoorvervoer

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt op basis van beschikbare geaggregeerde gegevens over totaal energiegebruik en vervoersprestaties in het personen- en goederenvervoer per spoor het energiegebruik per rkm en per tonkm afgeleid. Dit is een top down benadering. Het werkelijke energiegebruik per eenheid van vervoersprestatie kan sterk van dit gemiddelde afwijken. Het wordt sterk beïnvloed door factoren als tractiesoort, snelheid, type lading en dynamiek van de reis (aantal malen stoppen) en uiteraard door soort en type trein en treinsamenstelling. De invloed van deze aspecten op het energiegebruik wordt momenteel uitgebreid onderzocht door het RIVM (RIVM, 2000). De resultaten van dit onderzoek zijn nog niet beschikbaar en kunnen hier nog niet worden meegenomen.

In dit hoofdstuk wordt begonnen met enkele algemene aspecten over het energiegebruik in het spoorvervoer. Dit betreft het aandeel diesel, respectievelijk dieselelektrische tractie, emissiefactoren en mogelijke emissienormen voor DE-locs. Vervolgens wordt achtereenvolgens ingegaan op het personenvervoer per spoor (3.3) en het goederenvervoer per spoor (3.4).

3.2 Algemene aspecten

3.2.1 Aandeel diesel en elektrische tractie

In de volgende tabel is het energiegebruik van de Nederlandse Spoorwegen weergegeven. In 1998 was de bijdrage van andere vervoerders dan de NS nog zeer gering en daarom hier niet meegenomen.

Het dieselgebruik is gedifferentieerd naar reizigers en cargo. Van het elektriciteitsgebruik zijn alleen geaggregeerde gegevens beschikbaar. Er wordt van uitgegaan dat van het elektriciteitsverbruik ca. 90% op rekening komt van reizigersvervoer (aanname overgenomen uit RIVM 1997). Met deze aanname van 90% kan verder worden afgeleid dat het percentage diesel in de energievoorziening van het reizigersvervoer ca. 6% bedraagt en in het goederenvervoer ca. 34%. Het energiegebruik is weergegeven in de volgende tabel.

Tabel 10 Gebruik van diesel en elektriciteit voor tractie in het vervoer van personen en goederen per spoor door de NS (NS, CBS)

jaar	dieselgebruik Spoorwegen (miljoen kg)			electriciteit totaal	
	Totaal	Reizigers	Cargo	10 ⁶ kWh	PJ*)
1980	42,4	15,0	27,4	834	7,90
1981	41,6	14,7	26,9	860	8,14
1982	35,7	12,6	23,1	901	8,53
1983	33,9	12,0	22,0	905	8,57
1984	33,0	11,7	21,4	919	8,70
1985	34,4	12,2	22,3	951	9,00
1986	31,9	11,3	20,7	964	9,13
1987	29,4	10,4	19,0	990	9,37
1988	28,6	10,1	18,5	992	9,39
1989	28,6	10,1	18,5	1.030	9,75
1990	28,6	10,1	18,5	1.082	10,24
1991	28,7	11,3	17,4	1.162	11,00
1992	28,8	12,6	16,2	1.199	11,35
1993	29,0	13,9	15,1	1.260	11,93
1994	29,1	15,1	14,0	1.249	11,83
1995	29,6	15,4	14,2	1.278	12,10
1996	30,7	15,9	14,7	1.356	12,84
1997	33,2	17,3	15,9	1.359	12,87
1998	32,3	16,8	15,5	1.359*)	12,87

*) voorlopig kWh-cijfer voor 1998

**) berekend uit kWh bij een totaal rendement van 38% (zie bijlage)

3.2.2 Emissiefactoren en eisen voor DE-locs

In Tabel 11 zijn in de literatuur aangetroffen emissiefactoren weergegeven voor het bestaande park aan diesellocomotieven. De gegevens zijn ontleend aan CBS (emmob) en CE (1995). De gegevens uit CE (1995) zijn gebaseerd op 2 motoren van veelgebruikte locomotieven van de NS (nu Railion). Tevens zijn resultaten opgenomen van de emissie-inventarisatie die in Amerika is uitgevoerd door de (US-EPA 1997) De resultaten van deze Amerikaanse metingen gelden als 'base line' ten opzicht waarvan de resultaten van het geïmplementeerde Amerikaanse emissie-reductie-beleid zullen worden afgezet. Ook kan een dergelijke base line meting worden gebruikt voor kosteneffectiviteitsberekeningen.

Tabel 11 Emissiefactoren bestaande DE-locs (g/kg brandstof), diverse bronnen

Bron	Betreft	CO ₂	NO _x	HC	PM10	CO	SO ₂
CBS	diesellocs goederenvervoer	3130	68 14 (g/kWh)	1,4	1	6	3,4
CBS	dieseltractie personenvervoer	3130	35 (ca. 7 g/kWh)	5	3	15	3,4
CE (1995)	motor diesellocs	3130	61 12,5 (g/kWh)	3,3	1,3	5,1	0,85
US EPA (1997)	base line rangeerloc (metingen)	--	115 (23,6 g/kWh)	6,7	2,9	12	--
	base line long haul (metingen)	--	86 (17,7 g/kWh)	3,2	2,1	8,5	--

Uit de gegevens blijkt een grote variatie in emissiefactoren. Allereerst valt het verschil op tussen personentreinen en goederentransport zoals gebruikt door het CBS. Ten tweede zijn de resultaten van de Amerikaanse metingen erg hoog in vergelijking met de Nederlandse waarden zoals gebruikt door het CBS. Niet duidelijk is of de resultaten van deze Amerikaanse metingen ook zonder meer gelden voor de Nederlandse uitgangssituatie. Een goede waarde voor de huidige Nederlandse parkemissiefactoren zal, net als bij de binnenvaart, alleen door een meetprogramma kunnen worden vastgesteld. Bij diesellocs geldt (net als in de binnenvaart) dat de oude generatie voor-kamer motoren betere emissies voor NO_x laat zien dan de eerste generaties direct ingespoten motoren, ten koste van de brandstoffefficiëntie (bron: Erri²).

Normstelling?

De UIC heeft in 1999 een emissienormstelling voor nieuwe dieselmotoren vastgesteld. De normen gelden in principe voor alle aangesloten railways en voor het internationale railverkeer. Normen zijn niet van toepassing op binnenlandse spoorvervoer. Over de autoriteit van de UIC op dit gebied bestaat onduidelijkheid.

In de Verenigde Staten is emissienormstelling ontworpen voor DE-locs (US-EPA 1997). Deze is per 2000 van kracht.

De Amerikaanse EPA schrijft bovendien een in 'use testing' programma voor, waarin fabrikanten worden verplicht jaarlijks een bepaald percentage van 'hun motoren' te laten testen.

UIC

De overkoepelende internationale organisatie van spoorwegmaatschappijen UIC (Union Internationale Des Chemins de Fer) houdt zich bezig met voorschriften ten aanzien van technische harmonisatie en veiligheid van het spoorvervoer. In 1998 heeft de UIC een congres georganiseerd over het onderwerp emissies van dieselmotoren en reductieopties (UIC 1998). In dit seminar kwam regelgeving voor emissies van DE-locs aan de orde.

Van 1999 dateert een voorstel van de UIC 'Ad Hoc Group on Limits of Pollutants of New Diesel Engines for Tractive Units' (UIC 1999). Deze ad hoc groep stelt in een eindrapport voor om in drie fasen emissienormen voor diesellocs in te voeren. In september 1999 heeft de UIC besloten over de eerste fase en de tweede fase. De derde fase vanaf 2008 is nog slechts een voorstel. In Tabel 12 zijn deze huidige en voorgestelde toekomstige normen opgenomen.

De momenteel volgens UIC geldende normen voor diesellocs zijn niet streng te noemen (12 gram NO_x per kWh). Het is op dit moment onduidelijk in hoeverre deze UIC-normen bindend zijn voor de spoorwegmaatschappijen. De genoemde UIC ad hoc group onderzoekt in hoeverre hun initiatieven in de toekomst kunnen worden overgenomen in de vorm van een Europese richtlijn. Volgens Erri lijken de kansen voor Europese richtlijnen op dit gebied korte termijn zeer klein, maar bestaat er wel een grote noodzaak voor Europese harmonisatie omdat anders in verschillende landen verschillende initiatieven tot regulering van emissie van diesellocs zullen ontstaan, hetgeen mogelijk contraproductief is.

² European Rail Research Institute, Utrecht

Tabel 12 Huidige en voorgestelde aanscherpingen van de UIC-emissienormstelling voor nieuwe dieselmotoren van diesellocs, gemeten in g/kWh volgens ISO 8178-F (bron: UIC).

periode	status	motorkenmerken	NO _x	HC	pm ₁₀	CO
tot 31.12.2002	vastgesteld	alle vermogens	12	0,8	1,6 *)	3
1.1.2003 – 31.12.2007	vastgesteld	>560 kW > 1000 rpm	9,5	0,8	0,25	3
		< 1000 rpm	9,9	0,8	0,25	3
		<560 kW	6	0,6	0,25	2,5
vanaf 1.1.2008	voorstel	>560 kW	6	0,5	0,20	2
		<560 kW	4,5	0,5	0,15	2

*) tot en met 2002 in Bosch units, daarna in g/kWh

De UIC stelt voor om de ISO 8178-F testcyclus te gebruiken.

Autoriteit normstellingen van UIC

De autoriteit van de UIC op geldt vooral op het gebied van voorschriften ten aanzien van veiligheid en internationale interoperabiliteit van spoorwagmaterieel. Emissies hebben daarop vrijwel geen invloed. De autoriteit van UIC op het gebied van emissies is volgens de NS daarom zeer beperkt en hangt af van de goodwill van de spoorwagmaatschappijen. Volgens Erri zijn de normen daarentegen voor internationaal spoorvervoer wel verplicht. Wegens deze onduidelijkheid streven NS en Railion daarom naar vertaling van deze normstellingen in de vorm van een Europese Richtlijn die wel bindend is.

US-EPA

In de Verenigde Staten zijn normen voor diesellocomotieven vastgesteld en gepubliceerd op 16 april 1998 in het US Federal Register. De regel heeft betrekking op nieuwe motoren maar ook op bestaande locomotieven. Emissies van NO_x, HC, CO, PM en zwarte rook worden gereguleerd. Er worden twee testcycli onderscheiden: dit zijn de switch cycle (rangeerlocs) en de line haul cycle. Voor beide wordt een steady state testcyclus met verschillende representatieve bedrijfspunten toegepast. Ongeacht de uiteindelijke toepassing worden de locs in beide testcycli getest. De US-EPA normen zijn opgenomen in Tabel 13.

Tabel 13 US EPA normen voor dieselmotoren van dieselelektrische locomotieven (g/kWh)

normstelling/periode/toepassing	NO _x	HC	PM	CO
tier 0 (1973 – 2001) line haul cycle	12,9	1,4	0,82	6,8
tier 0 switch cycle	19,0	2,9	0,98	10,9
tier 1(2002 – 2004) line haul cycle	10,0	0,7	0,61	3,0
tier 1 switch cycle	14,9	1,6	0,74	3,4
tier 2 (2005+) line haul cycle	7,5	0,4	0,27	2,0
tier 2 switch cycle	11,0	0,8	0,33	3,3

Ontwikkelingen emissies nieuw dieselmaterieel

Volgens certificerings-metingen van de Erri blijkt dat nieuwe dieselmotoren voor locomotieven ruim kunnen voldoen aan de huidige UIC-normen voor NO_x. Meetresultaten van 8 tot 9,5 gram/kWh zijn vastgesteld bij motoren van 1.100 tot 1.400 kW. Lagere waarden van 7 tot 8 gram worden ook gemeten in lichtere motoren van 400 kW tot 500 kW. Deze laatste categorie maakt momenteel ca. 75% uit van de certificeringen die momenteel worden uitge-



voerd. De zwaarder motoren (25%) worden voornamelijk gebruikt voor hermotorisering van oude zware locs (bron: Erri).

3.3 Personenvervoer

3.3.1 Gemiddeld energiegebruik 1998 personenvervoer per spoor

Tabel 14 Gegevens 1998 personenvervoer per spoor (top down, geaggregeerd; bron: NS jaarverslag tenzij anders vermeld, cursief is berekening CE uit NS-gegevens)

kenmerk	waarde	bron/opmerking
zitplaatskilometers (miljoen)	44.600	jaarverslag NS
reizigerskilometers (miljoen)	14.879	jaarverslag NS
diesel (miljoen kg, bron NS)	16,8	
miljoen kWh door reizigerstreinen (bron: NS)	1.223	=4.403 miljoen MJ aan de bovenleiding
energie totaal	12,34 PJ	<i>Diesel</i> 717 miljoen MJ <i>Elektrisch</i> 11.624 miljoen MJ
zitplaatsen per trein gem	371	jaarverslag NS
reizigers per trein gem	128	jaarverslag NS
<i>bezettingsgraad</i>	33,4%	
<i>treinkilometers (miljoen)</i>	116	<i>berekend uit reizigerskilometer</i>
	120	<i>berekend uit zitplaatskilometer</i>
<i>MJ/treinkilometer</i>	106-103	
<i>MJ/reizigerskilometer</i>	0,83	
<i>MJ/zitplaatskilometer</i>	0,28	

Uit de NS-jaarverslagen van 1994 tot 1998 kan worden opgemaakt dat de gemiddelde bezettingsgraad geleidelijk is afgenomen van 40% (1994) tot 35% (1998). Daar staat tegenover dat het aantal zitplaatskilometers toeneemt van 36.000 miljoen in 1994 tot 44.600 miljoen in 1998. NS kondigt aan dat het aantal zitplaatskilometers nog verder zal toenemen. Het aantal reizigers per trein blijft min of meer constant (128). Het aantal zitplaatsen per trein vertoont een lichte stijging.

Dit alles leidt er toe dat het energiegebruik per rkm licht toe lijkt te nemen (Tabel 15). Voor het energiegebruik per treinkilometer kan uit deze gegevens geen trend worden afgeleid.

Tabel 15 Ontwikkeling primair energiegebruik personenvervoer per spoor, inclusief energiegebruik elektriciteitscentrale en distributie (gegevens NS, CBS)

	1994	1995	1996	1997	1998
MJ/rkm	0,78	0,83	0,87	0,85	0,83
MJ/zitplaatskilometer	0,31	0,30	0,31	0,30	0,28
MJ/treinkilometer	104	106	111	109	103-106

Bij het energiegebruik per zitplaatskilometer is een lichte daling waar te nemen over deze periode. Mogelijke verklaring is afname van het aandeel van de stoptreinen die per stoelkilometer een hoger energiegebruik hebben (CE 1997) en gemiddeld een lagere bezettingsgraad. Het energiegebruik per rkm is bij de stoptrein dus ongunstiger dan bij intercity's en sneltreinen.

Het gemiddelde energiegebruik per treinkilometer komt overeen met het gemiddelde dat in RIVM (1997) wordt berekend.

Differentiatie van het energiegebruik

De cijfers uit tabel 25 kunnen met de beschikbare NS-gegevens niet worden gedesaggregeerd naar treintype (stoptrein, sneltrein, intercity) of tractiesoort (dieselelektrisch of elektrisch) omdat de Nederlandse Spoorwegen geen concurrentiegevoelige gegevens beschikbaar stelt waarmee productietekmerken zoals bezettingsgraden reizigerskilometers en stoelkilometers gedifferentieerd kunnen worden naar dieseltractie, elektrische tractie, stoptreinen, sneltreinen en intercity's (Fax NS, 18 februari 2000).

Daarom kunnen op deze plaats alleen historische gegevens worden weergegeven. Uit RIVM (1997) kan worden afgeleid dat het energiegebruik van DE-treinen bijvoorbeeld hoger is dan van E-treinen (116 MJ/treinkm resp. 104 MJ/treinkm), mogelijk omdat DE-treinen altijd stoptreinen zijn.

Het energiegebruik per rkm van stoptreinen en intercity's/sneltreinen bedraagt resp. 0,97 en 0,63 MJ (RIVM 1997). Hieruit blijkt dat stoptreinen per rkm een hoger energiegebruik hebben. Dit kan verklaard worden doordat zij gemiddeld per km meer stops maken en een lagere bezettingsgraad hebben.

Tenslotte kan worden opgemerkt dat het energiegebruik van een intercity per treinkilometer aanzienlijk hoger kan zijn. Bij een 'grote trein' van 829 zitplaatsen kan dit oplopen tot 180 MJ treinkm. Bij een bezettingsgraad van 50% is het energiegebruik per rkm echter gunstig in vergelijking met stoptreinen (CE 1998a).

3.3.2 Efficiencyverbetering reizigersvervoer

In de MJA-energie-efficiency (een afspraak / convenant tussen NS en EZ) is een voor 2010 een efficiencyverbetering voor de tractie-energie afgesproken ter grootte van 10% ten opzichte van het jaar 1997. De hiervoor gebruikte indicator is het energiegebruik per *zitplaatskilometer*.

De maatregelen die door de NS worden ingezet om dit te bereiken bestaan uit (bron: NS):

- Optimaliseren rijgedrag en rijstijl met behulp van on board hulpapparatuur;
- Remenergie-teruglevering. Maximaal 25% besparing, maar niet op alle trajecten te gebruiken;
- Rationeel inzetten materieel (logistieke optimalisatie);
- Betere energie-efficiency van de tractie van nieuw materieel;
- Andere ontwerpen van het nieuwe materieel, bijvoorbeeld door het toepassen van lichtere materialen;
- Reductie energieverbruik als gevolg van treinverwarming door het handhaven van een lager comfortniveau in de stoptreinen en het terugbrengen van warmteverlies door de deuren.

Op de lange termijn staan bij de NS maatregelen op het programma zoals:

- Overschakelen op 25 kV bovenleidingspanning (6% – 9% efficiency-winst). Dit vergt hoge investeringen omdat in de overgangssituatie 2 systemen operationeel moeten zijn;
- Een gemoderniseerd treingleidingssysteem (meer geleidelijke en automatische snelheidsaanpassingen bij storingen en vertragingen op een baanvak).



Een aantal ontwikkelingen heeft grote invloed op de reductie van het energiegebruik per zitplaatskilometer en draagt bij aan het halen van de doelstelling die is gesteld in het convenant. In de eerste plaats is dit de aanschaf door de NS van nieuwe dubbeldekkers. Hiermee is een grote bijdrage geleverd aan het halen van de doelstellingen. Volgens RIVM (RIVM 2000) is het energiegebruik per zitplaatskilometer van een regiorunner circa 25% lager dan van een koploper. Ook de reductie van het aantal regionale stoptreinen in de dienstregeling van de NS draagt bij aan het halen van de doelstelling omdat het energiegebruik per zitplaatskilometer van stoptreinen hoger is dan bij intercity's en sneltreinen (CE, 1998).

Ontwikkeling aandeel DE-tractie

Het beleid van NS-reizigers is om het aandeel DE-locs af te bouwen en alleen te investeren in nieuw materieel met E-tractie. Bij tijdelijk materieeltekort worden mogelijk enkele DE-locs gemoderniseerd en ingezet. De modernisering heeft in de eerste plaats te maken met het geluidsniveau van de locs. Niet bekend is of emissieniveaus van de motoren verbeterd worden (Resida, NS).

De door NS afgestoten DE-locs worden niet buiten gebruik gesteld maar ingezet door nieuwe exploitanten zoals NoordNed en Synthus, waardoor per saldo er weinig verandering optreedt in het Nederlandse spoorvervoer.

3.3.3 Emissies reizigersvervoer per spoor

Met behulp van het energiegebruik van personentreinen in 1998 (Tabel 15), emissiefactoren van CBS voor dieselpersonentreinen (Tabel 11) en emissiefactoren van elektriciteitscentrales van CE (1998a) (Bijlage) zijn de emissies van het personenvervoer per spoor in 1998 berekend en in Tabel 16 weergegeven.

Tabel 16 Emissies personenvervoer per spoor 1998

	CO ₂ (kton)	NO _x (ton)	HC (ton)	PM ₁₀ (ton)	CO (ton)	SO ₂ (ton)
diesel	53	588	84	50	252	57
elektrisch	851	775	18	1,2	97	370
totaal	904	1.363	102	51	349	427

Bij bovenstaande berekening is uitgegaan van centraal opgewekte elektriciteit. Wanneer rekening wordt gehouden met (toekomstige) ontwikkelingen zoals decentrale opwekking en/of WKK kunnen deze emissies lager uitvallen. Met deze effecten is geen rekening gehouden.

3.4 Goederenvervoer per spoor

De in de literatuur aangetroffen waarden voor het energiegebruik per tonkm in het goederenvervoer per spoor variëren sterk. De CO₂-emissies per tonkm lopen een factor 10 uiteen. Voor de NO_x-emissies per tonkm is dit zelfs een factor 100 (CE, RIVM, TNO, 2000). Het gemiddelde energiegebruik per tonkm is sterk afhankelijk van de goederensoort (CE, RIVM, TNO 2000 en CE 2000). Een ander aspect dat van grote invloed is en maar waarvan in het goederenvervoer per spoor weinig bekend is, is aantal lege kilometers en de benuttingsgraden (CE 2000).

Hier wordt volstaan met het weergeven van het gemiddelde energiegebruik per tonkm in het goederenvervoer per spoor. Een uitgebreide analyse van

de factoren die van in vloed zijn op energiegebruik en emissies van het spoorvervoer en de wijze waarop dit langs de bottom up methode wordt berekend (zowel goederen als personen) wordt momenteel opgesteld door RIVM.

In Tabel 17 wordt het energiegebruik per tonkm van het goederenvervoer per spoor afgeleid op een top-down manier.

Tabel 17 Top down benadering van het energiegebruik per tonkm van de spoorwegen

	1994	1995	1996	1997	1998
diesel (miljoen kg)	14	14,2	14,7	15,9	15,5
elektriciteit (miljoen kWh)	124,9	127,8	135,6	135,9	135,9
diesel TJ	598	606	628	679	662
electr TJ	1.187	1.215	1.289	1.292	1.292
totaal TJ	1.785	1.821	1.917	1.971	1.954
miljoen tonkm (jaarverslag)	2.830	3.097	3.123	3.406	3.778
MJ/tonkm	0,63	0,59	0,61	0,58	0,52

Het cijfer voor 1998 laat een sterke daling zien ten opzichte van de voorgaande jaren. Mogelijk is het voorlopige karakter van het CBS-cijfer voor het elektriciteitsverbruik in 1998 hiervan de oorzaak.

Emissies goederenvervoer per spoor

In de volgende tabel zijn de emissies van het goederenvervoer per spoor op Nederlands grondgebied weergegeven.

Tabel 18 Emissies railgoederenvervoer, top down benadering 1998

	CO ₂ (kton)	NO _x (ton)	HC (ton)	PM ₁₀ (ton)	CO (ton)	SO ₂ (ton)
diesel	48,5	1054	22	16	93	53
elektrisch	94,5	86	2	0,1	11	41
totaal	143	1140	24	16,1	104	94

3.5 Conclusies spoorvervoer

Een goed inzicht in emissies en gebruik van verschillende soorten diesellocs ontbreekt. De parkgemiddelde emissiefactoren waar nu van wordt uitgegaan liggen momenteel in de orde van grootte van 13 g/kWh. De beschikbare gegevens lopen echter uiteen.

De stand van de techniek maakt het mogelijk om lagere NO_x-emissies te bereiken met de nieuwste motoren. Gezien metingen aan nieuwe motoren van diesellocs zijn emissies van 7-8 gram per kWh momenteel haalbaar. Emissienormstellingen lopen op dit moment daarom waarschijnlijk achter bij de stand van de techniek of hebben een onduidelijke reikwijdte (UIC). Dit pleit voor internationale of EU-emissierichtlijnen voor diesellocs. Omdat parkvernieuwing slechts langzaam optreedt zal het effect van instroom van nieuwe locs slechts langzaam zichtbaar worden. Aanbevelingen voor verder onderzoek naar de emissies van diesellocs betreffen de gebruikte parkemissiefactoren en mogelijkheden voor emissiereductie en beleid.

Bij berekeningen van de milieubelasting van het personen- en goederenvervoer per spoor zal in de toekomst in toenemende mate rekening moeten

worden gehouden met de bijdrage van nieuwe exploitanten die mogelijk gebruik maken van 'oud' NS-materieel. De milieubelasting van het vervoer per spoor kan niet langer slechts worden gebaseerd op data van de NS, omdat er verschillende nieuwe exploitanten actief zijn.

De MJA energie-efficiency heeft als doel om de energie-efficiency in het personenvervoer per spoor in 2010 10% efficiënter af te wikkelen dan in het referentiejaar 1997. Als indicator hiervoor geldt het energiegebruik per zitplaatskilometer.



4 Tram, metro en trolleybus

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de emissies en het energiegebruik van het elektrisch aangedreven lijndienstvervoer in Nederland (tram, metro en trolleybus).

Voor het vaststellen van het energiegebruik en de emissies worden gegevens uit de literatuur (o.a. CBS) en informatie van de exploitanten gebruikt. Van de emissiefactoren bij elektriciteitsproductie is een overzicht opgenomen in de bijlage.

4.2 Tram en metro

In deze paragraaf wordt met gegevens uit de literatuur (4.2.1) en met recente data van de exploitatiebedrijven (4.2.2), het energiegebruik van tram en metro in kaart gebracht. Recente data van de exploitatiebedrijven zijn gebruikt om de bestaande data uit literatuur en statistieken te verifiëren. Het in paragraaf 4.2.2 gegeven beeld van de exploitatiebedrijven is echter niet compleet.

4.2.1 Energiegebruik tram en metro in de literatuur

CBS maakt ten behoeve van het lijndienstvervoer onderscheid in bus, tram en metrolijndiensten in zijn statistieken. Trams en metro's (inclusief sneltram) vallen echter samen in één categorie. De bus (incl. stadsdiensten en interliner) is de andere categorie. Recente gegevens (CBS) staan in de volgende tabel. Hierin zijn lege kilometers niet opgenomen.

Tabel 19 Volumegegevens bus, tram en metro (CBS, 1998)

	netwerkkm	nuttige voertuigkm (x1000)	reizigers (miljoen)	zitplaatskm (xmiljoen)	reizigerskm (miljoen)
bus	44.923	373.411	725	12.993	6.348
tram en metro	551	47.011		3.520	

bus inclusief stadsdiensten en Interliner

tram en metro inclusief sneltram

De gegevens worden door CBS niet verder gedifferentieerd dan in bovenstaande tabel, wegens bescherming van concurrentiegevoelige informatie van de exploitatiebedrijven.

Bezettingsgraad

De gemiddelde bezettingsgraad in het OV-lijndienstvervoer naar zitplaatsen is 38% (reizigerskm / zitplaatskm; zie Tabel 19). Het gemiddelde aantal zitplaatsen per voertuig bedraagt 75 (tram + metro) en 35 (bus). Uitgaande van deze gegevens zit er gemiddeld 28,5 persoon in tram + metro en 13,3 in een bus. Op de bus wordt hier niet verder ingegaan. Het gemiddelde aantal plaatsen (inclusief staanplaatsen) is echter groter. Tensen (1996) gaat uit

van een gemiddelde van 120 (tram) en 180 (metro en sneltram). Dit aantal wordt overgenomen door CE en RIVM in resp. (CE 1997) en (RIVM 1997). Ten aanzien van de bezettingsgraad doet Tensen (1996) een aanname van 25% gemiddeld, hetgeen bij bovengenoemd aantal plaatsen een gemiddeld aantal mensen per voertuig betekent van 30 (tram) en 45 (metro en sneltram). RIVM (1997) heeft deze bezettingsgraden aan een nader onderzoek onderworpen en berekent voor 1994 een gemiddelde bezettingsgraad op basis van het aantal plaatsen (incl. staanplaatsen) van 24,9% (trams) en 28,8% (metro's). Recente gegevens van exploitanten laten lagere bezettingsgraden zien (Tabel 22). Deze weerspiegelen echter niet het gehele Nederlandse tram- en metrovervoer.

Energiegebruik tram en metro

Het aantal bronnen met een beschrijving van het energiegebruik van het tram- en metrovervoer is beperkt. Dit werd ook reeds in RIVM (1997) vastgesteld. Het totale energiegebruik van tram, metro en trolley is gerapporteerd door het CBS en bedraagt 207 miljoen kWh in 1998 (CBS, de heer Klein). Hiervan wordt slecht 5,7 miljoen kWh (ca. 3%), gebruikt door het trolleyvervoer (zie paragraaf 4.3). De resterende ruim 200 miljoen kWh wordt daarom verondersteld te worden gebruikt door trams en metro's.

Het gemiddelde elektrische energiegebruik in het tram- en metrovervoer bedraagt hierdoor $200 / 47 = 4,25$ kWh per nuttige voertuigkilometer (top down berekeningswijze met CBS-gegevens). Per zitplaatskilometer is dit 0,057 kWh. Naast de nuttige kilometers zijn er ook kilometers die gemaakt worden voor het (leeg) verplaatsen van het materieel. Deze vallen buiten de statistieken. Tensen (1996) gebruikt voor het aan- en afrijden een kilometeropslag van 4,5% (tram) en 3% (metro) van het aantal kilometers. Indien rekening wordt gehouden met gemiddeld 4% extra kilometers wordt het energiegebruik van trams en metro's in plaats van 4,25 kWh per nuttige km 4% lager (4,1 kWh per kilometer).

In NEI (1996) wordt voor tram en metro uitgegaan van een gemiddelde 4,27 kWh per voertuigkilometer (aan de bovenleiding) of 38,5 MJ primaire bronnen per voertuigkilometer. Deze waarde stamt uit een NEA-publicatie uit 1988 en komt overeen met de hierboven gevonden waarde. Dit komt ook goed overeen met een waarde die door de HTM wordt opgegeven (fax februari 1998) van 4,6 kWh per km.

Tabel 20 Energiegebruik tram- en metrovervoer per kilometer, afgeleid uit diverse bronnen

bron:	energiegebruik per voertuigkilometer			
	Tram		Metro	
	elektriciteit aan de bovenleiding	Primair	elektriciteit aan de bovenleiding	primair
Tensen (1996)	2,6 kWh	24,8 MJ	4,5 kWh	42,7 MJ
NEA (1988), NEI (1996)	4,27 kWh	38,5 MJ	4,27 kWh	40,6 MJ
HTM (1998)	4,6 kWh	43,7 MJ	--	--
CBS (top down)	4,25 kWh		4,25 kWh	

Recentere gegevens van het tram- en metrovervoer zijn opgenomen in Tabel 22 en zijn vergelijkbaar met de waarden in Tabel 20.



Emissies tram en metro op basis van energiegebruik in de literatuur

Uitgaande van in totaal 200 miljoen kWh in 1998 kunnen totale emissies van tram en metro worden vastgesteld. Emissiefactoren uit CE (1998a) worden gebruikt (zie bijlage). Er wordt uitgegaan van een distributierendement van 90%.

Tabel 21 Emissies tram en metro met emissiefactoren van (CE 1998a)

	kWh aan de bovenleiding	CO ₂	NO _x	HC	PM ₁₀	CO	SO ₂
1998	200 miljoen	139 kton	126 ton	2,9 ton	0,20 ton	15,8 ton	60 ton

4.2.2 Gegevens energiegebruik 1998

Door gebruik te maken van recentere gegevens van de tram- en metro-exploitanten over productie en energiegebruik (gedifferentieerd naar tram en metro), kan een actueler en wellicht nauwkeuriger beeld worden gemaakt van het werkelijk energiegebruik van trams resp. metro's in Nederland. De gegevens zijn echter niet compleet.

Naar tram en metro gedifferentieerde gegevens kunnen worden afgeleid door de exploitanten te benaderen met vragen over recente productiegegevens van tram en metro. Op deze wijze zijn de volgende gegevens verkregen (zie Tabel 22).

Het Amsterdamse GVB zal 95 nieuwe trams aanschaffen. Deze zijn energiezuiniger omdat veel lichtgewicht aluminium wordt toegepast. De RET overweegt ook dergelijke trams aan te schaffen.

Omdat de gegevens niet compleet zijn kan op deze wijze geen totaalbeeld van het tram- en metrovervoer in Nederland worden gemaakt. De gemiddelde bezettingsgraad van de HTM (24%) komt redelijk tot goed overeen met in de literatuur aangetroffen waarden (zie vorige paragraaf). Het gemiddelde energiegebruik per voertuigkilometer is voor HTM en Connexxion iets hoger dan gemiddelde waarden die in de literatuur werden aangetroffen.

Tabel 22 Volume- en energiegebruikgegevens van tram- en metrobedrijven (1998)

	HTM (1998)	RET (1998)		Connexxion (1998)
	<i>tram</i>	<i>tram</i>	<i>metro</i>	<i>sneltram Utrecht</i>
1 netlengte (km)	130,1	128,2	72,9	--
2 aantal trams	147	--	--	--
3 voertuigkilometers (duizend)	8.404	--	--	2.108
4 plaatskilometers (miljoen)	1.110	674	1952	--
5 pass. kilometers (miljoen)	265,5	152	405	69
6 energiegebruik (miljoen kWh)	42	17	58	10
7 gem. aantal plaatsen per voertuig	132	--	--	--
8 gemiddelde bezettingsgraad	23,9%	22,6%	20,7%	--
9 kWh/km	5,0	--	--	4,75
10 kWh/rkm	0,16	0,11	0,14	0,14
11 MJ/km	45	--	--	43
12 MJ/rkm	1,42	1,06	1,36	1,38

4.3 Trolleybus

Energiegebruik

De trolleybus wordt in Nederland alleen geëxploiteerd in Arnhem door Connexxion. Gegevens over het personenvervoer en het energiegebruik van de trolleybus zijn overgenomen uit een notitie van Connexxion (Connexxion, 1999). Deze zijn aangevuld met gegevens uit een fax-communicatie met Connexxion (20 januari 2000).

Tabel 23 Gegevens trolleybusvervoer (Connexxion 1999)

Voertuigkilometers (gem. per trolleybus per jaar (1998))	70.000
Totaal voertuigkilometers met trolleybussen per jaar (1998)	2.900.000
Reizigerskilometers	46,4 miljoen
Plaatsen per bus (zit- en staanplaatsen)	
12 meter bus	80
18 meter bus	135
Stroomverbruik per 100 km inclusief verwarming (12-meter bus)	195/kWh 100 km
Stroomverbruik per 100 km van een 18 m bus (inclusief verwarming en recuperatie van remenergie)	195 kWh/100 km
Berekend stroomverbruik (CE) 1,95 * 2.900.000	5,65 MWh

Er wordt onderscheid gemaakt in de standaard trolleybus (80 plaatsen) en de verlengde trolleybus (135 plaatsen en rem-energie-teruglevering). Voor beide categorieën is het energiegebruik per plaatskilometer berekend (zie Tabel 24).

Tabel 24 Energiegebruik trolleybussen in Nederland (1998)

Basisjaar 1998	12 meter bus (geen recuperatie)	18 meter bus (energiegebruik inclusief recuperatie)
Totaal energiegebruik (elektrisch, 10 kV, voor trafo en gelijkrichter)	5,65.10 ⁶ kWh	
Totaal primair energiegebruik (=inclusief elektriciteitsproductie)	51 GJ	
Gemiddeld primair energiegebruik per rkm	1,19 MJ	
Gemiddeld primair energiegebruik per voertuigkilometer	17,55 MJ/km	17,55 MJ/km
Plaatsen (zitten + staan)	80	135
Gemiddeld primair energiegebruik per plaatskilometer	0,22 MJ	0,13 MJ

Het energiegebruik per plaatskilometer van een 12 m bus is ca. 70% hoger dan van een 18 m bus.

Efficiency-ontwikkelingen

Door het geleidelijk aan vergroten van het aandeel van de 18 m bussen ten koste van de 12 m bussen wordt door Connexxion de energie-efficiency per plaatskilometer de komende jaren verhoogd. Connexxion heeft aangenomen

dat er bij gelijke bezettingsgraden aanvullende efficiencyverbeteringen zijn te bereiken door:

- het toepassen van vliegwielen;
- het toepassen van draaistroommotoren.

Emissies trolley

De emissies als gevolg van het trolleyvervoer in Nederland kunnen worden afgeleid uit het totale energiegebruik van de trolleybussen (Tabel 24) en de emissiefactoren bij elektriciteitsproductie zoals gebuikt in CE (1998a) (zie bijlage) De resultaten van deze berekening staan in Tabel 25. Hierbij is rekening gehouden met een verlies van 10% in de bovenleidingen.

Tabel 25 Emissies trolleybussen 1998 berekend op basis van het energiegebruik aan de bovenleiding door Connexxion en met emissiefactoren uit (CE, 1998a)

	kWh	CO ₂	NO _x	HC	PM ₁₀	CO	SO ₂
1998	5,65	3,93	3,6	0,08	0,006	0,4	1,7
	miljoen	kton	ton	ton	ton	ton	ton

4.4 Conclusies

De energiegebruikcijfers per voertuigkm van tram en metro zijn volgens de opgaven van de exploitatiebedrijven hoger dan de cijfers die in de literatuur werden aangetroffen. Dit geldt ook voor de energiegebruikcijfers per reizigerskilometer (zie onderstaande tabel). Het energiegebruik en de emissies per reizigerskm in het tram- en metrovervoer zijn gunstig in vergelijking met het vervoer per auto of per bus. Het gemiddelde energiegebruik per reizigerskilometer in de trein is echter nog gunstiger. De trolleybus is vergelijkbaar met het tram- en metrovervoer

Tabel 26 Energiegebruik per reizigerskilometer in het personenvervoer (MJ/rkm), inclusief brandstof en elektriciteitsproductie

	RIVM (1997)	deze studie
Tram	0,95	1,06 – 1,42
Metro Sneltram	0,93	1,36 – 1,38
Trolley		1,19
Bus (gem.)	1,52	--
Auto (gem.)	1,78	--
Stoptrein	1,06	0,83
Intercity	0,69	

Door toekomstige verbeteringen in de elektriciteitsproductie (hoger rendement en lagere emissies, WKK) en aan de voertuigen (lichtere materialen, vliegwieltoeepassingen en recuperatie van remenergie), zet deze ontwikkeling zich door. Door de lange levensduur van het elektrische materieel gaat dit laatste echter langzaam.



5 Militaire voertuigbewegingen

5.1 Inleiding

Gegevens over energiegebruik en emissies van militaire voertuigen in Nederland zijn niet uitgebreid in de literatuur beschikbaar. CBS heeft het evenmin opgenomen in zijn statistieken met het argument dat het aandeel in het totale energiegebruik en emissies van de mobiele bronnen verwaarloosbaar is en omdat een zeer groot deel van de defensieactiviteiten zich in het buitenland afspeelt.

Als aangrijpingspunt voor beleid is deze categorie waarschijnlijk ook moeilijk aan te sturen, omdat zij gebruik maakt van zeer speciale voertuigcategorieën. Ook qua brandstoffen valt zij mogelijk buiten de reikwijdte van het beleid dat gevoerd wordt voor de 'gewone' categorieën in het verkeer en vervoer. Desondanks zal de milieubelasting van defensie (eventueel voor een deel) toegerekend moeten worden aan de totale Nederlandse emissies. Dit laatste aspect is niet eenvoudig omdat niet altijd duidelijk is of bunkers, brandstoffen en kilometers van defensievoertuigen wel of niet moeten worden toegerekend aan het Nederlandse territorium en omdat defensie ook veel in Internationaal verband opereert, buiten de landsgrenzen.

Om een indruk te geven van de omvang van de milieubelasting van de mobiele bronnen van de krijgsmacht zijn in dit hoofdstuk de beschikbare gegevens uit de verschillende bronnen op een rij gezet. De totalen van emissies en energiegebruik van de krijgsmacht worden tenslotte afgezet tegen het totaal op NL-territorium.

Bronnen

Er zijn twee verschillende ingangen om de milieubelasting van het defensie-apparaat in kaart te brengen en af te zetten tegen de totale milieubelasting op Nederlands grondgebied.

Dit zijn ten eerste gegevens van Corinair (1997). Deze gegevens zijn al weer wat ouder en hebben betrekking op het jaar 1994. Ten tweede, meer recentelijk, is informatie van defensie beschikbaar in de vorm van Milieu- en of Arbojaarverslagen. Elk krijgsmachtonderdeel heeft over het jaar 1998 een dergelijke rapportage opgesteld. Meer informatie over Defensie en het milieu is gepubliceerd in de 'Defensie Milieubeleidsnota 2000'.

5.2 Corinair 94 emissie-inventarisatie

In de emissie-inventarisatie van Corinair 94 (1997) wordt onder de categorie 'Other mobile Sources and Machinery' de categorie 'Military' onderscheiden. Hiervoor worden voor Nederland de volgende waarden voor de jaarlijkse emissies opgegeven. De cijfers hebben betrekking op 1994 (Tabel 27)

Tabel 27 Emissies Militaire voertuigen Nederland 1994, ton/jaar (bron: Corinair 1997)

CO ₂ (kton)	NO _x	NMVOG	CH ₄	CO	SO ₂	NO ₂
1.090	15.700	2.920	143	9.520	1.010	253

Volgens gegevens van Corinair 94 is het aandeel van de CO₂-emissies van militaire voertuigen 4% van de totale CO₂-emissie door het wegtransport in Nederland. Deeltjesemissies vallen helaas buiten de Corinair 94 inventarisatie. Het is echter niet duidelijk welke voertuigen door Corinair in de categorie 'military' zijn opgenomen. Om een beter inzicht te krijgen in de milieubelasting van defensie, zijn in de volgende paragraaf per krijgsmachtonderdeel overzichten opgesteld met de meest recente gegevens per krijgsmachtonderdeel. Deze recente gegevens van 1998 worden in dit rapport verder als uitgangspunt genomen.

5.3 Overzicht gegevens per krijgsmachtonderdeel 1998

Door de verschillende krijgsmachtonderdelen worden Arbo- en/of Milieujaarverslagen uitgebracht met daarin een overzicht van de emissie en het energiegebruik. Niet duidelijk is welk deel kan worden toegerekend aan het Nederlandse territorium. De gegevens over de plaats van de milieubelasting zijn geïnclassificeerd, omdat ze strategisch interessante informatie vormen.

Bij de milieujarverslagen kunnen de volgende opmerkingen worden gemaakt:

- CO₂-emissies en energiegebruik zijn bij alle krijgsmachtonderdelen gerapporteerd behalve Dico (Defensie interservice Commando);
- Er wordt niet altijd gedifferentieerd tussen emissies en energiegebruik van mobiele en overige bronnen;
- Niet alle emissies zijn in kaart gebracht;
- Er wordt geen inzicht gegeven in kilometrages en emissiefactoren van de verschillende voertuigtypen.

5.3.1 Koninklijke Marine

Uit het Arbo & Milieu Jaarverslag van de Koninklijke Marine [Koninklijke Marine 1999] zijn de volgende data afkomstig voor brandstofverbruik en energiegebruik van mobiele bronnen (Tabel 28).

Tabel 28 Brandstofverbruik en energiegebruik Koninklijke Marine (bron: Koninklijke Marine 1999 en aanvulling CE), (Nederlands grondgebied + overig)

Energiegebruik Koninklijke Marine	1997	1998
Scheepsbrandstof (m ³)	80.588	72.908
Vliegtuigbrandstof (m ³)	16.159	17.771
Benzine (m ³)	48	145
Diesel (m ³)	1.363	1.019
Totaal brandstoffen berekend door CE (PJ)	3,51	3,28
Elektriciteitsverbruik van schepen (MWh)	p.m.	46.611
Energiegebruik voor elektriciteitsproductie, inschatting CE (PJ)	0,47	0,47
Totaal Mobiele bronnen (PJ)	3,98	3,75
TOTAAL Koninklijke Marine (PJ)	4,42	4,69

Niet duidelijk is welk aandeel van de gegevens in bovenstaande tabel betrekking heeft op Nederlands grondgebied. Op basis van de gegevens kan worden afgeleid dat het merendeel van het energiegebruik van de Marine

voor rekening komt van mobiele bronnen (80%– 90%, waarvan het merendeel als scheepsbrandstof). Kenmerken van de verschillende brandstofsoorten staan in onderstaande tabel.

Tabel 29 Kenmerken brandstof

Brandstof	kg/l	MJ/kg	gram CO ₂ / MJ
Kerosine	0,81	43,4	73
Diesel	0,83	42,7	73,3
Benzine	0,75	41,7	74,5
Scheepsdiesel	0,84	42,7	73,3
LPG	0,54	45,7	66,3
elektriciteit (g/MJ primaire bronnen)	n.v.t.	n.v.t.	73

De emissies van de Koninklijke Marine worden weergegeven in Tabel 30. Deze emissies vormen het totaal aan emissies van de Marine en zijn inclusief ruimteverwarming en ander energiegebruik aan de wal. Omdat ca. 80% - 90% van het totale energiegebruik van de Koninklijke Marine voor rekening komt van de mobiele bronnen (zie Tabel 28), wordt bij gebrek aan gegevens ingeschat dat ook de emissies voor het grootste deel afkomstig zijn van deze mobiele bronnen. Het grootste deel hiervan komt vervolgens op het conto van de schepen van de marine. Welk deel van dit energiegebruik en deze emissies het gevolg is van Nederlandse bunkers, is niet bekend.

Tabel 30 Luchtemissies van de Koninklijke Marine in tonnen (totaal mobiele bronnen + overige bronnen). (bron: Arbo- en Milieu jaarverslag Koninklijke Marine)

	CO ₂ (ton)	NO _x (ton)	HC (ton)	CO (ton)	N ₂ O (ton)	SO _x (ton)
1998	292.513	4.608	29	939	48	246
1997	315.042	5.062	onbekend	993	52	270

5.3.2 Koninklijke Luchtmacht

Bij de emissies en het energiegebruik van de mobiele bronnen van de Koninklijke Luchtmacht maakt het Milieujaarverslag van de Luchtmacht (Klu 1999) onderscheid in vliegtuigoperaties (Tabel 31) en grondgebonden activiteiten (Tabel 32). De emissies en het energiegebruik van de vliegtuigen zijn op basis van in Nederland getankte hoeveelheden. Van de grondgebonden activiteiten van de luchtmacht is dit onbekend.

Tabel 31 Brandstofverbruik en emissies van wapensystemen van de Nederlandse Luchtmacht op basis van in Nederland getankte hoeveelheden.

	1996	1997	1998
vliegreuren	42.314	41.576	36.116
brandstof (m3)	89.116	91.173	90.158
CO ₂ (ton)	222.790	265.112	225.395
NO _x (ton)	891	1.060	902
CO (ton)	891	1.060	901
N ₂ O (ton)	18	21	18
SO ₂ (ton)	72	85	72

Tabel 32 Brandstofverbruik en emissies van mobiele bronnen a.g.v. grondgebonden activiteiten van de Luchtmacht

	1996	1997	1998
Brandstofverbruik (m ³)			
- Benzine	155	65	45,2
- Diesel	4.313	4.238	6.450
- LPG	12	12	1,8
CO ₂ -emissie (ton)	11.743	11.278	17.011
- Benzine	372	156	108,6
- Diesel	11.352	11.103	16.900
- LPG	19	19	1,9
NO _x -emissie (ton)	131	128	194
- Benzine	1	0,4	0,3
- Diesel	129,9	127,1	193,5
- LPG	0,1	0,1	0,03
CO-emissie (ton)	59	49	69
- Benzine	15,5	6,5	4,5
- Diesel	43,3	42,3	64,5
- LPG	0,2	0,2	0,04
N ₂ O emissie (ton)	1,8	1,65	2,53
- Benzine	0,1	0,04	0,03
- Diesel	1,7	1,6	2,5
- LPG	0,01	0,01	0,003
SO ₂ -emisse (ton)	12,9	12,7	19,3
- Benzine	0,04	0,02	0,01
- Diesel	12,9	12,7	19,3
- LPG	0	0	0

Op basis van de verbruikte brandstof wordt in Tabel 33 een inschatting gemaakt van de in 1998 gebruikte energie door mobiele bronnen van de luchtmacht.

Tabel 33 Inschatting energiegebruik Luchtmacht 1998 op basis van energie-inhoud van de verbruikte brandstoffen

	MJ/l	m ³	TJ
benzine	31,2	45,2	1,4
diesel	35,7	6.450	230
LPG	24,8	1,8	0,04
kerosine / jet fuel	35,2	90.158	3.174
totaal energiegebruik	--	--	3.405

5.3.3 Koninklijke Landmacht

De landmacht rapporteert in haar milieujaarverslag het brandstofverbruik van de mobiele bronnen (Tabel 34), maar de emissies worden als totaal (mobiele + overige bronnen) gerapporteerd (Tabel 35).

Tabel 34 Brandstofverbruik naar brandstofsoort en totaal energiegebruik van de mobiele bronnen van de Landmacht in 1998

brandstof	verbruik (m ³)
kerosine	2.913
benzine	709
diesel	1.557
SFC (kerosine met additieven)	2.446
kero-diesel (50% diesel + 50% kerosine)	13.374
scheepsbrandstof	67
LPG	0,65
<i>TOTAAL Energiegebruik Mobiele bronnen</i>	<i>735 TJ</i>

In 1999 zal de landmacht overschakelen naar een zogenoemd 'single fuel concept'. Dit betekent dat er voor alle grondgebonden materieel nog slechts gebruik zal worden gemaakt van één soort brandstof (namelijk kerosine). Ten opzicht van 'kero-diesel' – nu de meest gebruikte brandstof – levert dit een reductie van deeltjes/roet-emissies van 60% op (Milieujaarverslag Landmacht). Roet- en deeltjesemissies zijn overigens niet bekend en kunnen uit beschikbare gegevens ook niet worden afgeleid omdat emissiefactoren, kilometers en brandstofverbruik per voertuigcategorie niet bekend zijn.

De emissies van de Koninklijke Landmacht zijn weergegeven in de volgende tabel (Tabel 35). Van de CO₂-emissies kan worden berekend dat 54 kton het gevolg is van het brandstofverbruik in de mobiele bronnen zoals in Tabel 34 is vastgelegd. Deze 54 kton is ca. 28% van het totaal aan CO₂-emissies dat in het Milieujaarverslag van de landmacht wordt gerapporteerd. Aangenomen wordt dat ook van de overige emissies van de Landmacht ca. 28% kan worden toegerekend aan de mobiele bronnen van de Landmacht³.

Tabel 35 Emissies (ton) door de Koninklijke Landmacht (1998), bron: Koninklijke Landmacht 1999

	totaal mobiele + overige bronnen (1998)	totaal emissies mobiele bronnen (berekening CE op basis van gegevens in Tabel 34)
CO ₂	193.000	54.000 (28%)
NO _x	500	140 (28%)
CO	312	87 (28%)
N ₂ O	6,6	1,8 (28%)
SO ₂	100	28 (28%)

5.3.4 Koninklijke Marechaussee

In tegenstelling tot de Landmacht, de Luchtmacht en de Marine heeft de Koninklijke Marechaussee alleen brandstofverbruik en CO₂-emissies gerapporteerd (Kmar 1999). Omdat gegevens over kilometrages en voertuigsoorten niet zijn gerapporteerd door de Koninklijke Marechaussee, kunnen deze niet worden afgeleid. Het totale brandstofverbruik is weergegeven in Tabel 36.

³ Het aandeel van 28% is een zeer eenvoudige aanname. Omdat gegevens over de over brandstoffen en hun toepassingen bij de stationaire bronnen van de Koninklijke Landmacht ontbreken kan er geen nauwkeurigere schatting worden gemaakt. Daarom is in alle gevallen gebruik gemaakt van 28% als schatting van het aandeel van de mobiele bronnen.

Tabel 36 Brandstofverbruik van de Koninklijke Marechaussee 1998

brandstof	liters	schatting emissiefactor NOx (g/l)
diesel	1.376.537	7
benzine	602.300	2
scheepsbrandstof	110.076	60
lpg	64.410	0,5
propaan	8.000	0,5
<i>Totaal</i>	<i>75 TJ</i>	<i>17 ton NOx</i>

Op basis van bovenstaande brandstofverbruikcijfers wordt het totale energiegebruik door de Koninklijke Marechaussee ingeschat op ca. 75 TJ. De CO₂-emissies van de Koninklijke Marechaussee zijn weergegeven in Tabel 37. Overige emissies zijn niet gerapporteerd door de Kmar en kunnen uit de beschikbare gegevens niet worden afgeleid.

Tabel 37 Emissie mobiele bronnen Koninklijke Marechaussee (ton) (NO_x: inschatting CE)

	1996	1997	1998
CO ₂ (ton)	4.088	4.513	5.394
NOx (ton)	niet bekend	niet bekend	17
Overig	niet bekend	niet bekend	niet bekend

5.3.5 Dico (Defensie interservice commando)

Het Dico ondersteunt krijgsmachtonderdelen met producten en diensten, o.a. op het gebied van infrastructuur en transport. Het Milieujaarverslag van dit onderdeel is in vergelijking met dat van de ander onderdelen zeer beknopt van opzet en geeft alleen inzicht in benzine- en dieselverbruik, maar niet in de emissies. Voor emissies van CO₂ zijn door CE inschattingen gemaakt (zie Tabel 38).

Tabel 38 Brandstofverbruik en emissies van Dico 1998 (bron: Milieujaarverslag Dico 1998 en aanvulling door CE)

brandstof	verbruik (liters)	TJ (berekening CE)	CO ₂ (ton) (berekening CE)	NOx (Inschatting CE)
benzine	1.350	0,03	2,5	0,25 g/km 1 op 7,5 (aanne)me
diesel	502.087	1,92	1.314	9 g/kWh (aanne)me rendement 35%
totaal		1,95	1.317	ca. 15 ton

5.4 Conclusies defensie

Uit de beschikbare gegevens in de milieurapportages van de krijgsmachtonderdelen kan geen compleet beeld worden opgesteld van alle emissies en het energiegebruik per krijgsmacht onderdeel. De redenen hiervoor zijn:

- Niet van alle defensieonderdelen is een compleet overzicht van alle emissies beschikbaar;
- Er wordt niet altijd gedifferentieerd tussen mobiele bronnen en overige bronnen;



- Niet duidelijk is welk deel van de milieubelasting aan het Nederlandse grondgebied mag worden toegerekend;
- Er zijn geen gegevens bekend over emissiefactoren, verkeersprestaties en brandstofverbruik gedifferentieerd naar voertuigsoort.

Voor het totaal energiegebruik en de totale emissies van CO₂ en NO_x door defensie wordt een inschatting gemaakt (zie Tabel 39). Niet bekend is voor welk deel dit aan Nederlands territorium mag worden toegerekend. Andere dan CO₂-en NO_x-emissies worden wegens onvolledige informatie niet in deze tabel opgesomd. Uit de gegevens blijkt dat de marine en de luchtmacht (schepen en vliegtuigen) het overgrote deel van het energiegebruik en de emissies van defensie veroorzaken.

Tabel 39 Totaaloverzicht defensie (1998). Cursief is inschatting CE

	Energie PJ	CO₂ kton	NO_x kton
Luchtmacht	3,40	242	1,09
Marine	3,97	247	4,61
Landmacht	0,74	54	0,14
Marechaussee	0,08	5,4	0,017
Dico	0,002	1,3	0,015
Totaal	8,2	550	6
Totaal als percentage van mobiele bronnen op NL territorium in 1998	1,9%	1,6%	2,1%

Opvallend is dat de CO₂-emissies zoals gerapporteerd in Corinair 94 (Corinair 1997) met 1.090 kton ca. 2 maal zo hoog zijn als berekend met de gegevens van de milieuarverslagen van defensie van 1998 (550 kton). De oorzaak van deze verschillen vergt nader onderzoek. Mogelijke factoren die een rol spelen zijn het verschil in peiljaar (1994 versus 1998) en het feit dat om strategische redenen niet altijd eenduidig is welk deel van de defensie activiteiten op Nederlands territorium plaatsvindt. Mogelijk is in de Corinair inventarisatie ook energiegebruik van niet-mobiele bronnen meegeteld. Dit vergt nader onderzoek.

Bij de overweging of aanvullend milieubeleid dat zich richt op defensie noodzakelijk is, spelen naast politieke afwegingen de volgende overwegingen:

- Het aandeel is kleiner dan in Tabel 39 is weergegeven omdat naar verwachting een groot deel van de emissies plaatsvindt buiten Nederlands grondgebied;
- Reductie van energiegebruik is reeds opgenomen in het milieubeleid van defensie (Defensie Milieubeleidsnota 2000);
- Reductie van verzurende emissies door defensiematerieel zal door de lange levensduur van de voertuigen een lange termijn kwestie zijn (Min Def 2000).



6 Totaaloverzicht en slotbeschouwing

6.1 Totaaloverzicht

Dit hoofdstuk bevat een overzichtstabel met een samenvatting van de emissies en het energiegebruik van de voertuigcategorieën die in deze notitie zijn bestudeerd. De cijfers hebben, tenzij anders vermeld, betrekking op 1998. Het energiegebruik en de emissies van deze categorieën worden in deze tabel ook weergegeven als percentage van het totale energiegebruik en van de emissies van de mobiele bronnen op Nederlands grondgebied. Hierbij moet opgemerkt worden dat niet alle categorieën reeds deel uitmaken van de statistiek van de emissies en het energiegebruik van de mobiele bronnen. De emissies of het energiegebruik wordt in dat geval slecht met het totaal vergeleken om een indruk te geven van de relatieve bijdrage.

Tabel 40 Energiegebruik en emissies van mobiele bronnen op Nederlands grondgebied (1998). Het relatieve aandeel van de verschillende "vergeten" categorieën wordt als percentage van het totaal weergegeven

	Energie (PJ)	CO ₂ (kton)	NO _x (kton)	HC (kton)	PM ₁₀ (kton)	CO (kton)	SO ₂ (kton)
Mobiele bron- nen totaal⁴	479	34.700	283	120	20.4	438	23.2
- Wegverkeer	391	28.338	180	107	12	398	4,7
- Overig verkeer	57	4.124	67	6	4.7	18	16
- Mobiele werktuigen	31	2.270	36	7	3.6	22	2.5
Binnenvaart	22,6 (4,7%)	1.649 (4,8%)	31,7 (11,2%)	1,6 (1,3%)	2,1 (10,3%)	1,6 (0,4%)	1,8 (7,8%)
Spoorvervoer							
- personen- treinen	12,3	904	1,36	102 ton	51 ton	349 ton	427 ton
- goederen- treinen	1,95	143	1,14	24 ton	16 ton	104 ton	94 ton
totaal	14,3 (3,0%)	1.047 (3,0%)	2,50 (0,9%)	126 ton (0,1%)	67 ton (0,3%)	453 ton (0,1%)	521 ton (2,2%)
Tram + metro	1,9 (0,4%)	139 (0,4%)	0,13 (0,05%)	2,9 ton (0,002%)	0,2 ton (0,001%)	15,8 ton (0,004%)	60 ton (0,3%)
Trolley	0,05 (0,01%)	3,9 (0,01%)	3,6 ton (0,001%)	0,08 ton (<0,001%)	0,006 ton (<0,001%)	0,4 ton (<0,001%)	1,7 ton (<0,01%)
Defensie ⁵	8,2 (1,9%)	550 (1,6%)	6 (2,1%)	--	--	--	--

⁴ Het cijfer voor "Mobiele bronnen totaal" is afkomstig van de statistieken van (CBS/RIVM 1999 en CBS 2000). De categorie defensie is hierin niet opgenomen. Energiegebruik en emissies van elektriciteitscentrales zijn ook niet opgenomen in het totaal. Dit betekent dat voor de trein alleen energiegebruik en emissies van de dieseltractie in dit cijfer is opgenomen. Het cijfer is wel inclusief binnenvaart. De percentages in de tabel zijn dus slechts indicatief voor de bijdrage van een categorie aan het totaal op Nederlands grondgebied. De cijfers voor elektrisch aangedreven vervoermiddelen (trolley, tram, metro) zijn opgenomen bij de doelgroep elektriciteitsproductie in rapportages zoals de Milieubalans en de Milieuverkenningen en worden derhalve niet vergeten.

⁵ Niet bekend is welk deel van de emissies en het energiegebruik van defensie op Nederlands grondgebied plaatsvindt.

Uit dit overzicht blijkt dat van de bestudeerde categorieën de binnenvaart het grootste aandeel in de milieubelasting heeft. Op de tweede plaats komt de trein, en met name het personenvervoer. Het goederenvervoer per spoor is van kleiner belang in de totale milieubelasting dan de binnenvaart. Voor wat betreft het energiegebruik is het aandeel van het goederenvervoer per spoor vergelijkbaar met de tram en de metro. Het aandeel van de trolleybus, in zowel energiegebruik als emissies op Nederlands grondgebied is verwaarloosbaar.

6.2 Slotbeschouwing

Binnenvaart

Het energiegebruik en de CO₂-emissies van de binnenvaart maken ca. 5% uit van het totaal van de mobiele bronnen op Nederlands grondgebied. Voor NO_x is dit aandeel aanzienlijk hoger (11%). Dit ten opzichte van het energiegebruik hoge aandeel in de NO_x-emissies maakt duidelijk waarom de binnenvaart tot voor kort een vergeten categorie werd genoemd. Vanaf 2002 geldt dit naar verwachting niet meer omdat dan normstellingen zullen gaan gelden voor de emissies van nieuwe binnenvaartmotoren. Door deze maatregelen (CCR-emissie-eisen) zullen de NO_x-emissies van de binnenvaart afnemen. Door de langzame instroom van nieuwe motoren in de vloot, de lange levensduur van de motoren en relatief geringe verbetering die de eerste fase CCR-emissie-eis met zich meebrengt ten opzichte van de bestaande techniek, is dit een effect dat pas op lange termijn zichtbaar zal worden.

Aanbevelingen

- Emissies van de binnenvaart hebben momenteel in CCR, beleidsmakers en in de binnenvaart wereld zelf, grote aandacht. Men is het er over eens dat er onderzoek nodig is naar de emissiefactoren van motoren in de bestaande vloot om een duidelijk beeld te krijgen van de 'baseline' emissies van de bestaande vloot, omdat de momenteel gebruikte waarden op een beperkt aantal meetgegevens zijn gebaseerd. Deze aanbeveling voor een meetprogramma wordt hier overgenomen.
- Dit meetprogramma biedt de tevens mogelijkheid voor monitoring van de effecten van beleid en van de kosteneffectiviteit van beleid dat gericht is op terugdringen van de luchtverontreinigende emissies in de binnenvaart en geeft inzicht in de hoogte van emissies van verschillende typen en generaties binnenvaartmotoren. Met dit inzicht kunnen gericht maatregelen worden geformuleerd.
- De metingen kunnen tevens dienen om ervaring te krijgen met een eenvoudige meetmethode. Er bestaan gedachten binnen de CCR om in de toekomst eisen te stellen aan bestaande motoren. Er moet dan immers wel een eenvoudige en geaccepteerde meetmethode beschikbaar zijn.
- Ook wordt aanbevolen om met behulp van nieuwe meetgegevens, mochten die daartoe aanleiding geven, de emissiefactoren voor binnenvaartmotoren zoals gebruikt door het CBS te actualiseren; deze zijn namelijk sinds jaren ongewijzigd.
- De rekenmodellen van het CBS gaan uit van een vastgestelde vaarsnelheid en een inzet van het motorvermogen van 100% in alle vaarsituaties. Door differentiatie van deze parameters in het CBS-model kan de berekening van het energiegebruik door de binnenvaart worden verbeterd.



Spoor

- Het aandeel in het energiegebruik van het spoorvervoer (reizigers- en goederentreinen) aan het totaal van de mobiele bronnen in Nederland bedraagt ca. 3%. Het grootste deel hiervan (ca. 85%) wordt gebruikt door de reizigerstreinen. Terwijl het goederenvervoer per spoor dus slecht ca. 15% van het energiegebruik van het spoorvervoer voor zijn rekening neemt, is het aandeel in de NO_x-emissies ca. 45%. Dit is te wijten aan het in vergelijking met het reizigersvervoer grote aandeel dieseltractie in het goederenvervoer per spoor (ca. 34% t.o.v. 6% van het energiegebruik).
- Het aandeel dieseltractie is zeer bepalend voor de milieuprestaties van de spoorwegen.
- Bij de berekening van de milieubelasting van het spoorvervoer in 1998 is uitgegaan van gegevens van de Nederlandse Spoorwegen. Het aandeel van nieuwe exploitanten zoals bijvoorbeeld Synthus, Acts, Shortlines en NoordNed is niet meegenomen. Niet bekend is daarom wat het aandeel van deze nieuwe exploitanten was in 1998.
- Bij de berekening van het aandeel dieseltractie in personen- en goederenvervoer per spoor wordt uitgegaan van oude aannames. Recente gegevens hierover worden door de NS niet meer openbaar gemaakt.
- Oude dieseltreinen van de NS worden ingezet door nieuwe exploitanten waardoor milieuprestatie van de NS verbetert, maar van het spoorvervoer als totaal niet.
- De UIC heeft initiatieven genomen om richtlijnen op te stellen voor de emissies van nieuwe diesellocs en nieuwe motoren voor diesellocs.
- Deze eisen zijn momenteel 12 g NO_x per kWh. Schonere motoren zijn echter reeds beschikbaar.
- De reikwijdte en de autoriteit van de UIC in het stellen van emissierichtlijnen leidt tot momenteel tot onduidelijkheid.

Aanbevelingen

- Diesellocomotieven vormen momenteel nog een echte vergeten categorie in het Europese milieubeleid. Aanbevolen wordt om het onderwerp emissies van dieseltractie in het spoorvervoer blijvend te agenderen en te komen tot Europese afspraken.
- Nader onderzoek wordt aanbevolen naar de hoogte van emissiefactoren van de momenteel gebruikte diesellocs en dieseltreinen en de mogelijkheden voor emissiereductie (regelgeving en bronmaatregelen) en van bestaande en aan nieuw materieel.
- In nieuwe inventarisaties van de emissies en het energiegebruik van het personen- en goederenvervoer per spoor op Nederlands grondgebied zullen nieuwe exploitanten moeten worden meegenomen, omdat er naast de NS een toenemend aantal nieuwe exploitanten op de markt actief is.
- Nader onderzoek zal moeten worden gedaan naar de geldingskracht en de autoriteit van emissienormen die worden opgesteld voor dieseltractie door de UIC.
- Milieu- en / of jaarrapportages van personen- en goederenvervoerders op het spoor moeten inzicht in omvang en aard (diselelektrisch of elektrisch) van hun tractie-energie geven, omdat dit zeer bepalend is voor de milieuprestatie.
- Het verschil in NO_x-emissiefactoren voor dieselmotoren van personen en goederentreinen, zoals gebruikt door het CBS, bedraagt ca. een factor 2. Dit verschil is opmerkelijk. Het verdient aanbeveling om hier in een meetprogramma aandacht aan te besteden.

Tram, metro en trolleybus

De bijdrage aan het energiegebruik op Nederlands grondgebied door tram, metro en trolleybus is zeer gering (<0,5%). Het aandeel in luchtverontreinigende emissies is zelfs nog kleiner. Door innovaties in de elektrische aandrijving, elektriciteitsproductie vernieuwing van het oude materieel en teruglevering van remenergie zal dit aandeel in de toekomst verder dalen. Per reizigerskilometer is dit een schone wijze van vervoer, waarvoor aanvullend bronbeleid geen prioriteit heeft.

Defensie

De bijdrage aan het energiegebruik en de emissies van defensie op *Nederlands grondgebied* kan niet exact worden vastgesteld, aangezien informatie ontbreekt over de plaats waar de defensieactiviteiten plaatsvinden. Deze informatie is om strategische redenen niet beschikbaar. Dit is ook een reden waarom het CBS deze categorie niet rapporteert in de emissiestatistieken. Wanneer er van wordt uitgegaan dat de gegevens over energiegebruik en emissies van defensie die beschikbaar zijn uit milieujaarrapportages voor 100% kunnen worden toegerekend aan Nederlands territorium, dan heeft defensie een aandeel van naar schatting 2% in het energiegebruik en de emissies van de mobiele bronnen op Nederlands grondgebied. In werkelijkheid zal dit aandeel aanzienlijk lager zijn omdat een groot deel van de activiteiten en van de bunkering plaatsvindt in het buitenland. Defensie is een internationaal opererende organisatie.

In de Corinair 94 emissie-inventarisatie van 1997 werd een ca. 2 maal zo hoge emissie van CO₂ en NO_x gerapporteerd. Een verklaring hiervoor ontbreekt. Omdat de cijfers uit de milieujaarverslagen van de verschillende defensieonderdelen recenter zijn dan de data van Corinair, wordt hieraan in deze rapportage de voorkeur gegeven

Aanbevelingen

- Aanbevolen wordt nader onderzoek te doen naar het percentage van de emissies en energiegebruik door de mobiele bronnen van defensie, dat aan Nederlands territorium kan worden toegerekend.
- Aanbevolen wordt nader onderzoek te doen naar de oorzaak van de verschillen tussen de uitkomsten van de Corinair 94 inventarisatie en van de milieujaarverslagen van defensie van 1998.



Bronnen

CBS (1999)

Ed. van Gelder. *Energieverbruik door binnenschepen, 1994-1998*
Maandstatistiek Verkeer, 10 / 1999
Heerlen / Voorburg 1999

CBS 1999b

Nederland en de scheepvaart op de binnenwateren
CBS / AVV,
Heerlen, november 1999

CBS 2000

Emissies van luchtverontreinigende stoffen door mobiele bronnen 1997 en 1998. Kwartaalbericht Milieustatistiek jaargang 17 no 1
Voorburg/Heerlen, 2000

CBS/RIVM 1999

Milieucompendium 1999. Het milieu in cijfers
CBS/RIVM, Voorburg, Heerlen Bilthoven 1999

CE 1995

Dings, J.M.W. en P. Janse
Vergelijking milieueffecten E- en DE- tractie van goederentreinen.
Centrum voor energiebesparing en schone technologie
Delft, november 1995

CE 1997

Dings, J.M.W. , W.J. Dijkstra en S. Moorman
Schoon schip in de Nederlandse binnenvaart
Centrum voor energiebesparing en schone technologie
Delft, 1997

CE 1998a

W.J. Dijkstra, J.H.J. Roos en B. Klimbie
Vergelijking van auto bus en trein binnen Nederland
Centrum voor energiebesparing en schone technologie,
Delft, maart 1998

CE 1998b

J.M.W. Dings
De Betuweroute en het milieu, een vergelijking van drie vervoerwijzen in 2010. Centrum voor energiebesparing en schone technologie
Delft, december 1998

CE 1999

W.J. Dijkstra (CE) en A.F.B. Bekkers (SAB) *Demonstratieprojecten in de binnenvaart: voorstudie en marktverkenning.* Centrum voor energiebesparing en schone technologie, Delft november 1999

CE 2000
Dings, J.M.W. en P.B. Klimbie.
Inzet van langere en / of zwaardere vrachtauto's in het intermodaal vervoer in Nederland: effecten op de uitstoot van CO₂ en NO_x
Delft, februari 2000

CE, RIVM, TNO 2000
Milieuwinst op het spoor? Synthese van onderzoeken naar milieu-effecten van het goederenvervoer per spoor
Delft, Bilthoven, maart 2000

Connexion 1999
Trolley 2000: Milieu-evaluatie. Notitie
Connexion Arnhem 1999

Corinair 1997
Corinair 94. European Air Emissions 1994.
Corinair 1997

KL 1999
Koninklijke Landmacht. *Milieujaarsverslag 1998* Landmachtstaf, Afdeling Infrastructuur Ruimtelijke Ordening en Milieu, Sectie Milieu
Den Haag, februari 1999

KLu 1999
Koninklijke Luchtmacht. *Milieujaarsverslag 1998*
Stafgroep Vliegveiligheid, Kwaliteit, Arbo en Milieu, Sectie Milieu, Den Haag

KM 1998
Koninklijke Marine
Jaarverslag Arbo en Milieu 1998

Kmar 1999
Milieujaarsverslag 1998 Koninklijke Marechaussee
1999

Min Def 2000
Ministerie van Defensie, *Defensie Meerjarenplan Milieu*
Den Haag, maart 2000

NEA 1990
Energiebesparingpotentie in de binnenvaart: inventarisatie en evaluatie van technische besparingsopties voor de bestaande vloot
Uitgave Novem, Utrecht 1990

NEI 1996
Bossche, van den M.A., M.J.P.F. Gommers, R.J. Molemaker
M.Y. van Schijndel-Pronk, M. van Schaik *De milieufunctie van het openbaar vervoer in stedelijke gebieden: op weg naar een groene toekomst*, Rotterdam, NEI mei 1996

NS jaarverslag
Jaarverslagen 1994 t/m 1998
NS, Utrecht

RIVM 1997
R.M.M. van de Brink en G.P. van Wee
Energiegebruik en emissies per vervoerwijze, RIVM Bilthoven, mei 1997

RIVM 1998
K.T. Geurs, R.M.M. van den Brink, J.A. Annema, G.P. van Wee
Verkeer en Vervoer in de Nationale Milieuverkenning 4
RIVM, Bilthoven, maart 1998

RIVM (2000)
A.Gijssen
De milieubelasting van railtransport
RIVM, Bilthoven (in voorbereiding)

Tensen (1996)
Tensen, D.K. *Personenvervoer en milieu: een reële vergelijking*. Verkeers-
kunde no. 2, 1996

UIC 1998
"Reducing Exhaust Emissions from Diesel Locomotives and Railcars"
UIC Seminar UIC Headquarters, Paris, 7th October 1998

UIC1999
Union Internationale des Chemins de fer: Ad Hoc Group on Limits of New
Diesel Engines for Tractive Units. Final Report.
UIC, Parijs NEI 1996

US EPA 1997
Emission factors for Locomotives, Office of mobile sources
december 1997

Overige bronnen:

de heer H. Resida (NS)
de heer H. Paukert (Erri)
de heer T. Tinkhof (HTM)
de heer Voogdteert (RET)
mevrouw Bos (GVB, Afdeling Communicatie)
de heer W. Teunissen (Connexxion)
de heer Wetsels (CBS)
de heer Hendriks (CBS)
de heer E. van Gelder (CBS)
de heer J. Klein (CBS)
de heer J. vd Kooi (Energiened)
de heer R. van Dongen (RET)
de heer D. de Bruine (Connexxion)



Bijlage: elektriciteitsproductie en -distributie

Uit het energiegebruik aan de bovenleiding kan het primaire energiegebruik berekend worden door rekening te houden met rendement van productie en distributie van elektriciteit (zie Tabel 41). Uit verschillende bronnen is hier een overzicht gegeven van de hiervoor gebruikte uitgangspunten. Deze lopen ver uiteen.

Tabel 41 Kenmerken van elektriciteitsproductie en distributie (diverse bronnen)

bron	jaar	vervoerwijze	V bovenleiding	rendement productie	rendement distributie NL-net	rendement bovenleiding	totaal rendement tot stroomafnemer
CE (1995)	1996	trein	1,5 kVdc	0,415	0,966	0,897	0,36
CE (1995)	1996	trein	25 kVac	0,415	0,99	0,965	0,40
CE (1995)	2010	trein	--	0,476	--	--	0,46
CE (1998a)	1998	trein		0,428	0,95	0,90	0,37
CE (1998b)	2010	trein	25 kV	0,476	0,955		0,46
RIVM (1997)	1995	tram/metro trein	--	0,42	0,90		0,38
Connexxion (1999)	1998	trolley	--	0,43	0,97	0,95	0,40

In berekeningen in deze rapportage wordt gerekend met een distributierendement van 90% (vanaf de centrale tot de stroomafnemer), een rendement van de elektriciteitscentrale van 42% en dus met een totaalrendement van 38%. Dit betekent dat het energiegebruik aan de stroomafnemer wordt vermenigvuldigd met een factor 2,64 om het primaire energiegebruik te berekenen. Dit is overeenkomstig de cijfers uit (RIVM 1997).

Bij de productie van elektriciteit worden in de literatuur verschillende emissiefactoren gebruikt. In deze rapportage wordt gerekend met de emissiefactoren uit (CE 1998a).

In verschillende bronnen worden uiteenlopende emissiefactoren voor elektriciteitsproductie gehanteerd (zie Tabel 42).

Tabel 42 Emissies in g/kWh_{elektrisch} bij de productie van elektriciteit

bron	jaar	rendement centrale	CO ₂	NO _x	SO ₂	HC	PM ₁₀	CO
CE (1998a)	1998	--	626	0,570	0,272	0,013	0,0009	0,071
CE (1995)	1996	41,5%	620	0,71	0,29	0,013	0,0009	0,071
CE (1995)	2010	47,6%	568	0,48	0,12	0,011	0,0007	0,057
CE (1998b)	2010	47,6%	568	0,476	-	-	-	-
EnergieNed (2000)	1998	43,3%	640	0,58	0,182	0,002	0,012	0,008
Connexxion (1998)	1990	--	675	1,30	0,800	0,000	0,006	0,003
(gegevens afkomstig van SEP)	2000	--	690	0,606	0,310	0,000	0,006	0,003

In de berekeningen in deze notitie wordt uitgegaan van de emissies zoals gerapporteerd in (CE 1998a). Hierbij wordt geen rekening gehouden met decentrale opwekking en warmte-kracht.

