

**RIJKSINSTITUUT VOOR VOLKSGEZONDHEID EN MILIEUHYGIENE  
BILTHOVEN**

**NEDERLANDSE ORGANISATIE VOOR TOEGEPAST  
NATUURWETENSCHAPPELIJK ONDERZOEK TNO  
DELFT**

Rapport nr 251701015

**EFFECTEN VAN DE BETUWEROUTE  
OP NO<sub>x</sub>- EN CO<sub>2</sub>-EMISSIES**

**G.P. van Wee<sup>1)</sup>, R. Thomas<sup>1)</sup>,  
W. Dunnewold<sup>2)</sup>, M. van den Heuvel<sup>2)</sup>**

maart 1994

1) RIVM

2) INRO-TNO

Dit rapport werd opgesteld als onderdeel van het project Milieuverkenningen. Het project milieuverkenningen is uitgevoerd in opdracht en ten laste van het Directoraat-Generaal Milieubeheer, Directie Strategische Planning, Projectnummer 251701.

**VERZENDLIJST**

- 1 Directoraat-Generaal Milieubeheer, Directie Strategische Planning
- 2 Directeur-Generaal Milieubeheer, Ir. M.E.E. Enthoven
- 3 Plv. Directeur-Generaal Milieubeheer, Dr. Ir. B.C.J. Zoeteman
- 4 Plv. Directeur-Generaal Milieubeheer, Mr. G.J.R. Wolters
- 5 Plv. Directeur-Generaal Milieubeheer, Drs. P.E. de Jong
  
- 6 Ir. J.J.M. Hensen - DGM
- 7 Drs. P.J.M. Hofhuis - DGM
- 8 Ir. B.J.F. Kortbeek - DGM
- 9 Mr. M.C. Kroon - DGM
- 10 Ir. P.J.C.M. Schoenmakers - DGM
- 11 Mr. B. Boschma - V&W
- 12 Ir. H.J.M. Verkooijen - V&W
- 13 Drs. J.M.F. Diris - V&W
- 14 Prof. Dr. A.I.J.M. van der Hoorn - AVV/UvA
- 15 Ir. J. van der Waard - AVV
- 16 Drs. A.L. 't Hoen - AVV
- 17 Ing. H. Flikkema - AVV
- 18 Drs. Ing. J. Verkade - AVV
- 19 Drs. P.A.R. Spoorendonk - CPB
- 20 Ing. P. van de Lande - NOVEM
- 21 Ir. W.J. van Gondelle - SNM
- 22 Prof. drs. C.J. Ruijgrok - INRO-TNO/KUB
- 23 Ir. Rijkeboer - IW-TNO
- 24 Drs. Ing. P.M. Blok - NEI
- 25 Dr. A.C.P. Verster - NEI
- 26 Dr. H.J. Meurs - MuConsult
- 27 Ing. P.M. Peeters - Werkgroep '2duizend
- 28 Drs. E. Schol - ECN
- 29 HCG
- 30 AGV
- 31 BGC
- 32 DHV
- 33 CE
- 34 Grontmij
- 35 Heidemij
- 36 NEA
- 37 Prof. Dr. Ir. P.H.L. Bovy - TUD
- 38 Ir. Th.J.H. Schoemaker - TUD
- 39 Ir. P.M. Schrijnen - TUD
  
- 40 Depot van Nederlandse publikaties en Nederlandse bibliografie
- 41 SWIDOC
- 42 Projectbureau Integrale Verkeers- en Vervoerstudies
  
- 43 Bibliotheek V&W

44	Bibliotheek AVV
45	Bibliotheek TUD
46	Bibliotheek HTV
47	Directie RIVM
48	Ir. F. Langeweg
49	Prof.Dr.Ir. C. v.d. Akker
50	Drs. K. van Velze
51	Drs. H.C. Eerens
52	Drs. L.H.M. Koshiek
53	Drs. R. Reiling
54	Drs. R.J.M. Maas
55	Drs. B.J.E. ten Brink
56-59	Auteurs
60	Hoofd Bureau Voorlichting & Public relations
61	Bibliotheek MTV
62	Bibliotheek RIVM
63	Projecten- en rapportenregistratie
64-81	Reserve-exemplaren TNO
82-100	Reserve-exemplaren RIVM

**INHOUDSOPGAVE**

Verzendlijst	ii
Inhoudsopgave	iv
Abstract	v
Samenvatting	1
1. INLEIDING	3
2. EMISSIEFACTOREN VAN NO <sub>x</sub> en CO <sub>2</sub>	5
2.1 Emissiefactoren van NO <sub>x</sub> en CO <sub>2</sub> op geaggregeerd niveau	5
2.2 Emissiefactoren van NO <sub>x</sub> en CO <sub>2</sub> op gedesaggregeerd niveau	6
2.3 Emissiefactoren voor Betuweroute-concurrentie-gevoelige vervoermiddelen	8
3. EFFECT BETUWEROUTE OP TOTALE NO <sub>x</sub> - EN CO <sub>2</sub> -EMISSIES	11
3.1 Relevante factoren voor de verlaging van NO <sub>x</sub> - en CO <sub>2</sub> -emissies door de Betuweroute	11
3.2 Scenario's met geaggregeerde emissiefactoren	12
3.3 Scenario's met gedesaggregeerde emissiefactoren	16
4. CONCLUSIES EN KANTTEKENINGEN	19
LITERATUURLIJST	21
BIJLAGEN	23
bijlage 1: berekeningswijze tonkilometers per vervoerwijze	25
bijlage 2: berekeningswijze emissiefactoren per vervoerwijze	27
bijlage 3: uitgangspunten basisscenario NEA 2015	31
bijlage 4: uitgangspunten groene techniek scenario	33

**ABSTRACT**

The impact of the Betuweline, a new rail line from the harbour of Rotterdam to Germany, on CO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> emissions from the Netherlands depends on:

- o emission rates from rail lines versus alternative transport modes
- o the amount of extra goods transported via the Netherlands
- o the mode of transport of goods transported via the Netherlands

Now and in 2010/2015 emission factors for CO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> per tonne kilometre are much higher for lorries than for inland shipping and rail transport. NO<sub>x</sub> emission factors for rail transport are even lower than for inland shipping.

Of all goods that will be transported on the Betuweline a maximum of 50% will be transported through other countries if the Betuweline is not constructed. The Betuweline will attract more goods from inland shipping than from road haulage. Depending on the shift between inland shipping, lorries and other countries in a situation without the Betuweline, total CO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> emissions from the transport of goods on the Dutch territory will be diminished by 0-2.5% as a result of the construction of the Betuweline.

## SAMENVATTING

Voor het goederenvervoer op Nederlands grondgebied per elektrisch aangedreven trein, per vrachtwagen en per binnenschip geldt het volgende:

- o in 1990 was bij wegverkeer de emissie per tonkm voor NO<sub>x</sub> en CO<sub>2</sub> een factor 4 à 5 respectievelijk 4 hoger dan bij binnenvaart; deze cijfers zullen in 2010 resp. 2 à 3 resp. 3 à 4 zijn geworden indien wordt uitgegaan van Europascenario van het Centraal Planbureau en pakket 1 uit de Nationale Milieuverkenning 3 en de SVV-verkenning 1993. Deze waarden worden ruim 1 resp. bijna 4 indien wordt uitgegaan van pakket 2;
- o in 1990 was bij het wegverkeer de emissie per tonkm voor NO<sub>x</sub> en CO<sub>2</sub> een factor 40 tot 50 respectievelijk een factor 5 hoger dan in het railvervoer; deze cijfers zullen in 2010 circa 130 en 5 bedragen indien wordt uitgegaan van Europascenario pakket 1, resp. 60 en 5 indien wordt uitgegaan van Europascenario pakket 2.
- o in 1990 was de emissie per tonkm in de binnenvaart voor NO<sub>x</sub> een factor 10 en voor CO<sub>2</sub> een factor 1,2 hoger dan in het railvervoer. De NO<sub>x</sub>-emissiefactor van elektriciteitscentrales zal tussen 1990 en 2010 naar verwachting relatief sterker dalen dan van binnenschepen. Daardoor loopt het verschil in NO<sub>x</sub>-emissies op tot ruwweg een factor 50, zowel voor pakket 1 als pakket 2 van de Nationale Milieuverkenning 3. Het verschil in CO<sub>2</sub>-emissiefactoren is in 2010 een factor 1,3.

De emissiefactoren voor CO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub> per tonkilometer zijn voor grotere vrachtwagens en binnenschepen beduidend lager dan voor kleinere vrachtwagens en binnenschepen. Zowel nu als in de toekomst zijn deze emissiefactoren van binnenschepen > 1800 ton ruwweg een kwart lager dan van binnenschepen < 850 ton. Zowel nu als in de toekomst zijn deze emissiefactoren van vrachtwagen > 20 ton 70 tot 75% lager dan van vrachtwagens < 10 ton.

Voor inzicht in de invloed van de Betuweroute op de *totale internationale* emissies zou niet alleen naar de emissies op Nederlands territorium moeten worden gekeken, maar ook naar emissies op buitenlands territorium. In deze studie is alleen aandacht besteed aan de invloed op emissies op Nederlands territorium. Reden hiervoor is dat dit rapport gebruik maakt van gegevens, opgesteld in het kader van de Nationale Milieuverkenning 3 en de SVV-verkenning 1993, ex-ante evaluaties van de effectiviteit van het Nederlandse milieubeleid voor de Nederlandse doelstellingen.

Door het gebruik van de Betuweroute kunnen de emissies van CO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub> op Nederlands grondgebied in geringe mate worden verlaagd ten opzichte van een situatie zonder Betuweroute. Uitgaande van een voorspoedige internationale samenwerking op het gebied van het railvervoer, een marktgerichte, efficiënte organisatie van het rail-goederenvervoer en een macro-economische ontwikkeling conform het ER-scenario van het CPB is in 2010 de vermindering van de CO<sub>2</sub>-emissies op Nederlands grondgebied door het goederenvervoer 0 tot 2%. De vermindering van de NO<sub>x</sub>-emissies op Nederlands grondgebied door het goederenvervoer is dan 1 tot 2,5%.



## 1. INLEIDING

Door het RIVM is in twee kaders onderzoek verricht naar de milieu-effecten van de Betuweroute. Ten eerste zijn effecten van de Betuweroute ingeschat in het kader van de Nationale Milieuverkenning 3 1993-2015 (MV3) (RIVM, 1993) en de daaraan gekoppelde SVV-verkenning 1993 (SVV'93) (Flikkema, 't Hoen en van der Waard, 1993). In het bijbehorende achtergronddocument voor verkeer en vervoer wordt nader ingegaan op de invloed die de Betuweroute heeft op het vervoer van goederen en de milieu-aspecten (van Wee *et al.*, 1993). Ten tweede hebben TNO en RIVM gezamenlijk onderzoek verricht naar de emissiefactoren per vervoerwijze, op verzoek van het Directoraat-Generaal Milieubeheer van het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (van Wee, Thomas, Dunnewold en van den Heuvel, 1993). Dit ten behoeve van de Uitgebreide Commissievergadering van 22 november 1993.

Dit rapport is grotendeels een samenvoeging van beide rapporten en geeft antwoord op de volgende vragen.

- o Wat zijn de landelijke (geaggregeerde) emissiefactoren voor NO<sub>x</sub> en CO<sub>2</sub> per tonkilometer voor het vervoer per spoor, binnenschip en vrachtwagen, in 1990 en 2010?
- o Wat zijn deze emissiefactoren indien specifiek wordt gekeken naar de vervoermiddelen die worden ingezet in het goederenvervoer per spoor over de Betuweroute, en wat zijn de emissiefactoren van de specifieke vervoermiddelen die worden ingezet om deze goederen per binnenschip of vrachtwagen te vervoeren indien de Betuweroute niet wordt aangelegd?
- o Wat is de invloed van het al dan niet aanleggen van de Betuweroute op de Nederlandse NO<sub>x</sub>- en CO<sub>2</sub>-doelstellingen?

In de Nationale Milieuverkenning 3 zijn twee scenario's doorgerekend: het European Renaissance (ER) scenario en het Global Shift (GS) scenario. De internationale context in het ER-scenario voldoet wel aan de voorwaarde voor een goed functionerende Betuweroute, de internationale context van het GS-scenario niet, zo is verondersteld in de Nationale Milieuverkenning 3 en de SVV-verkenning 1993<sup>1</sup>. Daarom wordt voor de beantwoording van de hiervoor weergegeven vragen in dit rapport alleen ingegaan op het ER-scenario.

Voor inzicht in de invloed van het al dan niet aanleggen van de Betuweroute op de *totale* emissies zou niet alleen naar de emissies op Nederlands territorium moeten worden gekeken, maar ook naar emissies op buitenlands territorium. In deze studie is alleen aandacht besteed aan de invloed op CO<sub>2</sub>- en NO<sub>x</sub>-emissies *op Nederlands territorium*. Reden hiervoor is dat dit rapport gebruik maakt van gegevens, opgesteld in het kader van de Nationale Milieuverkenning 3 en de SVV-verkenning 1993, ex-ante evaluaties van de effectiviteit van het Nederlandse milieubeleid voor de Nederlandse doelstellingen.

In de besluitvorming over de Betuweroute spelen meer zaken mee, op milieugebied bijvoorbeeld de totale emissies van de vervoerstromen, inclusief die op buitenlands territorium en de externe veiligheidssituatie langs de bestaande infrastructuur.

---

<sup>1</sup> Voor een nadere toelichting: zie van Wee en van der Waard (ed.) (1993).



Verder gaat dit rapport voor wat betreft de invloed op NO<sub>x</sub>- en CO<sub>2</sub>-emissies uitsluitend in op het jaar 2010. Dit is een arbitraire keuze, ingegeven door het feit dat in de Nationale Milieuverkenning 3 en de SVV-verkenning 1993 dit jaar een grote rol speelt. Indien de Betuweroute wordt aangelegd, ligt deze er voor een periode van tenminste 50 en wellicht meer dan 100 jaar. Lange termijn strategische overwegingen kunnen eveneens een rol spelen bij de besluitvorming, maar blijven in dit rapport buiten beschouwing.

## 2. EMISSIEFACTOREN VAN NO<sub>x</sub> en CO<sub>2</sub>

### 2.1 Emissiefactoren van NO<sub>x</sub> en CO<sub>2</sub> op geaggregeerd niveau

Emissiefactoren op geaggregeerd niveau zijn emissiefactoren in gram per tonkm, die worden verkregen door de totale emissie per vervoerwijze op Nederlands grondgebied te delen door het totale aantal tonkilometers van die vervoerwijze op Nederlands grondgebied.

In tabel 2.1 is onderscheid gemaakt naar de pakketten 1 en 2 zoals gedefinieerd in het kader van de Nationale Milieuverkenning 3 (MV3) en de SVV-verkenning 1993 (SVV'93). In pakket 1 wordt rekening gehouden met maatregelen die naar verwachting voor 1-1-1995 aan de Tweede Kamer of aan een bovennationale instantie (met name: EG) zullen worden aangeboden. In het pakket 2 wordt rekening gehouden met maatregelen die naar verwachting niet voor 1-1-1995 aan de Tweede Kamer of bovennationale instantie zullen worden aangeboden, maar die wel in lijn zijn met het beleid van SVV-2 en het NMP. Het belangrijkste verschil vloeit voort uit de verdere aanscherping van NO<sub>x</sub>-emissie-eisen voor het vrachtverkeer in pakket 2 ten opzichte van pakket 1. In tabel 2.1. worden de emissiefactoren van deze pakketten weergegeven.

**Tabel 2.1:** Emissiefactoren NO<sub>x</sub> en CO<sub>2</sub> in gram/tonkm voor 1990 en 2010

gram/ tonkm	1990		2010 Europascenario			
	NO <sub>x</sub>	CO <sub>2</sub>	pakket 1		pakket 2	
	NO <sub>x</sub>	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO <sub>2</sub>
Weg 1)	2,78	155	1,29	120	0,58	129
Binnenvaart 2)	0,62	39	0,52	33	0,52	33
Rail 3)	0,06	32	0,01	25	0,01	25

- 1): De categorie 'bestelwagen' is niet meegenomen bij de vervoerwijze 'weg'.
- 2): Bij de binnenvaart is alleen de categorie 'vrachtvervoer' meegenomen. Overige categorieën als pleziervaartuigen en visserij etc. zijn buiten beschouwing gelaten.
- 3): De emissiecijfers bij het spoorvervoer hebben betrekking op de elektrische tractie, en dus niet op de diesel-elektrische en elektrische tractie tezamen.

Deze gegevens van het RIVM zijn gebaseerd op CBS cijfermateriaal. Voor nadere uitleg over de berekeningswijze van het aantal tonkilometers wordt verwezen naar bijlage 1; bijlage 2 geeft nadere informatie over de emissiefactoren.

Uit de tabel blijkt het volgende.

- o In 1990 was de emissie per tonkm bij het wegvervoer voor NO<sub>x</sub> een factor 4 tot

5 en voor CO<sub>2</sub> een factor 4 hoger dan bij de binnenvaart; deze cijfers zullen in 2010 resp. 2 à 3 resp. 3 à 4 zijn geworden indien wordt uitgegaan van Europascenario pakket 1, en ruim 1 resp. bijna 4 indien wordt uitgegaan van Europascenario pakket 2.

- o In 1990 was de emissie per tonkm bij het wegvervoer voor NO<sub>x</sub> een factor 40 tot 50 en voor CO<sub>2</sub> ca. een factor 5 hoger dan bij het railvervoer; deze cijfers zullen in 2010 circa 130 resp 5 zijn geworden indien wordt uitgegaan van Europascenario pakket 1, en 60 resp. 5 indien wordt uitgegaan van Europascenario pakket 2.
- o In 1990 was de emissie per tonkm bij de binnenvaart voor NO<sub>x</sub> een factor 10 en voor CO<sub>2</sub> een factor 1,2 hoger dan bij het railvervoer. De NO<sub>x</sub>-emissiefactor van elektriciteitscentrales zal tussen 1990 en 2010 naar verwachting sterker dalen dan van binnenschepen. Daardoor loopt het verschil in NO<sub>x</sub>-emissies op tot ruwweg een factor 50, zowel voor pakket 1 als pakket 2 van de Nationale Milieuverkenning 3. Het verschil in CO<sub>2</sub>-emissies bedraagt in 2010 een factor 1,3.

## 2.2 Emissiefactoren van NO<sub>x</sub> en CO<sub>2</sub> op gedesaggregeerd niveau

In paragraaf 2.1 is een overzicht gegeven van emissie van CO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub> op een geaggregeerd niveau. Wanneer de Betuweroute niet zou worden aangelegd, zouden de betreffende goederen per vrachtwagen en binnenschip worden vervoerd. Dan gaat het vooral om de grotere vrachtwagens en binnenschepen. Enig inzicht in de emissiefactoren die behoren bij naar laadvermogen onderscheiden categorieën vervoermiddelen is verkregen in het kader van de totstandkoming van het project 'Trendbreukscenario Goederenvervoer'. Deze paragraaf gaat op dit project in. In paragraaf 2.3 wordt het inzicht in de emissiefactoren voor de diverse typen vrachtwagens en binnenschepen vertaald naar de geaggregeerde emissiefactoren uit paragraaf 2.1.

In Peeters (1993) wordt het project 'Trendbreukscenario Goederenvervoer' op hoofdlijnen beschreven. In dat project wordt ondermeer een basisscenario voor 2015 gepresenteerd, en het zogenoemde Trendbreukscenario, waarin wordt verondersteld dat het goederenvervoer dusdanig plaatsvindt dat minimale emissies van CO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub> plaatsvinden. Daarbij zijn de te vervoeren tonnen goederen, evenals hun herkomst en bestemming gelijk aan de situatie in het Basisscenario. In een rapport van NEA worden vervoer, verkeer en milieu in de huidige situatie en het Basisscenario nader beschreven (NEA, 1993a), een ander NEA-rapport behandelt het trendbreukscenario en de diverse werkscenario's<sup>2</sup> die daaraan ten grondslag liggen (NEA, 1993b). In een TNO-rapport wordt één van die werkscenario's, het zogenoemde Groene Techniek Scenario (GT) nader beschreven (van der Vlist en van den Heuvel, 1993).

Tabel 2.2 bevat een overzicht van emissiefactoren in gram/tonkm per laadvermogenklassen

---

<sup>2</sup> In het project zijn in eerste instantie afzonderlijke scenario's opgesteld waarin de invloed van de maximale mogelijkheden van techniek, logistiek en vervoerwijzekeuze zijn verkend: de zogenoemde werkscenario's.

per vervoerwijze, conform het trendbreukscenario goederenvervoer. De beschrijvingen (uitgangspunten etc.) van het scenario '2015 basis' en '2015 GT' staan beschreven in bijlage 3. '2015 basis' staat voor het scenario berekend door het NEA dat is gebaseerd op te verwachten ontwikkelingen in techniek en logistiek (zie ook bijlage 3). Het scenario '2015 GT' is berekend door INRO-TNO en is gebaseerd op de nu reeds bestaande voertuigtechnische en motortechnische middelen en mogelijkheden en de experimentele technieken waarvan wordt verwacht dat deze ook daadwerkelijk in 2015 toegepast kunnen worden.

**Tabel 2.2:** Emissiefactoren van NO<sub>x</sub> en CO<sub>2</sub> in gram/tonkm voor 1990, het basisscenario en het Groene Techniek (GT) Scenario

gram/ tonkm	1990		2015 basis		2015 GT	
	NO <sub>x</sub>	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO <sub>2</sub>
<b>Weg</b>						
< 10 ton	7,56	371	2,71	302	2,06	231
10-20 ton	4,81	238	1,72	194	1,35	152
> 20 ton	2,13	114	0,67	91	0,53	72
bestel	20,82	1.104	7,94	894	1,05	655
Totaal	2,90	150	0,94	119	0,65	99
<b>Binnenvaart</b>						
< 850 ton	0,48	45	0,42	40	0,07	31
850-1800 ton	0,45	43	0,39	38	0,06	29
> 1800 ton	0,36	35	0,32	31	0,05	24
Totaal	0,43	41	0,37	36	0,06	28
<b>Rail *)</b>						
Totaal	0,22	41	0,14	29	0,03	20
<b>Totaal</b>	<b>1,67</b>	<b>96</b>	<b>0,66</b>	<b>79</b>	<b>0,37</b>	<b>65</b>

\*) Voor tractie van goederenwagens wordt gebruik gemaakt van diesellocs en elektrische locs.

Uit een vergelijking van tabel 2.1 en 2.2 blijkt dat er verschillen in emissiefactoren van 1990 zijn. Deze vloeien ten dele voort uit de volgende punten.

- In de berekeningen van de emissiefactoren voor het wegverkeer heeft het RIVM niet en TNO wel de categorie 'bestelwagens' opgenomen.
- De RIVM-waarden voor het goederenvervoer per spoor hebben uitsluitend betrekking op het vervoer met elektrische tractie. De TNO-waarden hebben betrekking op het totale goederenrailvervoer (zowel elektrische als diesel-elektrische tractie).

De emissiefactoren van 1990 van het RIVM en TNO zullen dichterbij elkaar liggen als de uitgangspunten voor beide berekeningen met elkaar overeenkomen.

De 1990-waarde voor de NO<sub>x</sub>-emissie voor de binnenvaart wijkt relatief sterk af. Binnen de tijd die beschikbaar was voor het schrijven van de notitie waarop deze paragraaf is

gebaseerd<sup>3</sup> was het niet mogelijk de oorzaken van dit verschil te achterhalen.

Het basisscenario en het trendbreukscenario komen niet overeen met een van de pakketten die het kader van de MV3 en SVV'93 zijn opgesteld. Verschillen tussen de 2010-waarden uit tabel 2.1 en de 2015-waarden uit tabel 2.2 worden mede hierdoor verklaard. Verder spelen mee:

- o verschillen in zichtjaar (2010 versus 2015)
- o verschillen in inschattingen in de autonome technische ontwikkelingen
- o de verschillen in aannamen voor het basisjaar (1990)

Doel van het presenteren van tabel 2.2 is uitsluitend het geven van enig inzicht de relatieve verschillen in emissiefactoren per voertuigtype binnen het totale goederenwegvervoer en binnen de totale binnenvaart.

Uit tabel 2.1 en 2.2 blijkt duidelijk dat de emissiefactoren van grotere vrachtwagens en schepen (beduidend) lager zijn dan de gemiddelde emissiefactoren.

Paragraaf 2.3 geeft emissiefactoren die tot stand zijn gekomen door de verschillen in emissiefactoren per voertuigtype te vertalen naar de geaggregeerde emissiefactoren.

### **2.3 De emissiefactoren voor Betuweroute-concurrentie-gevoelige vervoermiddelen**

Het is niet waarschijnlijk dat op het achterlandvervoer van Rotterdam alle typen vervoermiddelen - zoals onderscheiden in de tabel 2.2 - zullen opereren. Omdat het langeafstandsvervoer betreft, mag worden aangenomen dat het voornamelijk of alleen zal gaan om de wegvervoermiddelen groter dan 20 ton laadvermogen, en om binnenvaartschepen groter dan 1800 ton. De in tabel 2.1 gegeven geaggregeerde emissiefactoren zijn in tabel 2.3 gecorrigeerd voor de relatieve verschillen tussen de vervoerwijzen conform tabel 2.2.

---

<sup>3</sup> Van Wee, Thomas, Dunnewold en van den Heuvel (1993).

**Tabel 2.3:** Emissiefactoren NO<sub>x</sub> en CO<sub>2</sub> in gram/tonkm voor 1990 en 2010

gram/ tonkm	1990		2010 Europascenario			
	NO <sub>x</sub>	CO <sub>2</sub>	pakket 1		pakket 2	
	NO <sub>x</sub>	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO <sub>2</sub>
Weg > 20 ton	2,31	132	1,05	103	0,47	111
Binnenvaart > 1800 ton	0,52	33	0,45	28	0,45	28
Rail *) Totaal	0,06	32	0,01	25	0,01	25

Bron: Trendbreukscenario Goederenvervoer en RIVM Bilthoven

\*) De emissiecijfers bij het spoorvervoer hebben betrekking op de elektrische tractie, en dus niet op de diesel-elektrische en elektrische tractie tezamen.

Uit deze, op voor de Betuweroute concurrentie-gevoelige vervoermiddelen toegespitste tabel blijkt het volgende.

- o In 1990 was de emissie per tonkm bij het wegvervoer voor NO<sub>x</sub> een factor 4 tot 5 en voor CO<sub>2</sub> een factor 4 hoger dan bij de binnenvaart. Deze verhoudingscijfers zijn niet of nauwelijks gewijzigd ten opzichte van verhouding in emissiefactoren volgens de geaggregeerde methode. In 2010 zullen deze cijfers resp. 2 tot 2,5 en 3,5 tot 4 zijn geworden indien wordt uitgegaan van Europascenario pakket 1, en 1 en 4 indien wordt uitgegaan van Europascenario pakket 2.
- o In 1990 was de emissie per tonkm bij het wegvervoer voor NO<sub>x</sub> ruwweg een factor 40 en voor CO<sub>2</sub> ca. een factor 4 hoger dan bij het railvervoer; deze cijfers zullen in 2010 resp. ruim 100 en 4 zijn geworden c.q. gebleven indien wordt uitgegaan van Europascenario pakket 1, en 50 resp. 4 à 5 indien wordt uitgegaan van Europascenario pakket 2.
- o In 1990 was de emissie per tonkm bij de binnenvaart voor NO<sub>x</sub> een factor 8 à 9 hoger dan bij het railvervoer. De CO<sub>2</sub>-emissiefactoren waren in 1990 ongeveer gelijk. De NO<sub>x</sub>-emissiefactor van elektriciteitscentrales zal tussen 1990 en 2010 naar verwachting sterker dalen dan van binnenschepen. Daardoor loopt het verschil in NO<sub>x</sub>-emissies op tot een factor 40 à 50, zowel voor pakket 1 als pakket 2 van de Nationale Milieuverkenning 3. Het verschil in CO<sub>2</sub>-emissies bedraagt in 2010 een factor 1,1.
- o In 1990 was de NO<sub>x</sub>-emissie per tonkm bij de binnenvaart bijna 9 maal hoger dan bij het railvervoer. Voor CO<sub>2</sub> was de emissiefactor bij de binnenvaart ongeveer gelijk aan die van het railvervoer. Deze cijfers zullen in 2010 zowel voor pakket 1 als pakket 2 van het Europascenario ruwweg een factor 50 respectievelijk 1,3 zijn.



### 3. HET EFFECT VAN DE BETUWEROUTE OP TOTALE NO<sub>x</sub>-EN CO<sub>2</sub>-EMISSIES

#### 3.1 Relevante factoren voor de verlaging van NO<sub>x</sub>- en CO<sub>2</sub>-emissies door de Betuweroute

De mate waarin de Betuweroute zal resulteren in veranderingen in de totale NO<sub>x</sub>- en CO<sub>2</sub>-emissies is afhankelijk van:

- o de hoeveelheid extra vervoer per spoor;
- o de wijze waarop die extra hoeveelheid goederen zou worden vervoerd indien de Betuweroute niet zou worden aangelegd;
- o de emissies per tonkilometer per vervoerwijze.

##### *Extra vervoer per spoor*

In de Nationale Milieuverkenning 3 (MV3) (RIVM, 1993) is in het ER-scenario voor 2010 verondersteld dat er 19 miljoen ton extra per spoor vervoerd wordt als gevolg van de aanleg van de Betuweroute. Daarnaast zal deze route een deel van de infrastructurele knelpunten oplossen die zouden ontstaan indien de Betuweroute niet wordt aangelegd (van Wee *et al.*, 1993). In onderstaande berekeningen wordt *verondersteld* dat als gevolg van de aanleg van de Betuweroute in 2010 25 miljoen ton extra per spoor wordt vervoerd ten opzichte van een situatie zonder Betuweroute. Uit het vervolg zal blijken dat de conclusies nauwelijks beïnvloed worden door deze waarden met enkele miljoenen tonnen te wijzigen.

##### *Herkomst additionele vervoer per spoor*

Er zijn drie alternatieve wijzen waarop deze 25 miljoen ton goederen kunnen worden vervoerd zonder aanleg van de Betuweroute: via het buitenland, via Nederland per binnenschip en via Nederland over de weg. Knight Wendling (1992) veronderstelt de volgende verdeling: 50%, 40% resp. 10%. Ten behoeve van bijlage 1 van het kabinetsstandpunt over de Betuweroute (Tweede Kamer, 1993)<sup>4</sup> heeft het Centraal Planbureau (CPB) een andere - vanuit macro-economische optiek wat minder optimistische - verdeling verondersteld: 20%, 64% resp. 16%. Met andere woorden: het aandeel 'buitenland' is teruggebracht van 50 naar 20%<sup>5</sup>, terwijl de verdeling binnenvaart/weg gelijk is gehouden aan de verdeling van Knight Wendling. Ten behoeve van dit rapport is vervolgens een derde variant opgesteld, die vanuit milieu-oogpunt wellicht de bovengrens aangeeft van wat het maximale effect op de Nederlandse NO<sub>x</sub>- en CO<sub>2</sub>-emissies is van de Betuweroute: de helft van het additionele vervoer zou anders via Nederland over de weg worden vervoerd, de andere helft via Nederland per binnenschip. Aldus ontstaan - naast een situatie met Betuweroute - drie scenario's voor 2010. Daarbij is ervan uitgegaan dat de vervoerafstand

---

<sup>4</sup> De titel van de bijlage luidt: 'Opmerkingen ten aanzien van de economische effecten van de Betuweroute'.

<sup>5</sup> Zie bijlage 1 van het kabinetsstandpunt over de Betuweroute, p. 108-109.



150 km is<sup>6</sup>.

### *Emissies per tonkilometer*

Hiervoor zijn twee methoden denkbaar: de geaggregeerde methode (gebruik makend van de emissiefactoren uit tabel 2.1) en de gedesaggregeerde methode (gebruik makend van de emissiefactoren uit tabel 2.3). De beide methoden zijn uitgewerkt in de paragrafen 3.2 en 3.3.

### *Totale emissies door het goederenvervoer*

In de paragrafen 3.2 en 3.3 wordt de invloed van de Betuweroute uitgedrukt als percentage van de totale emissies door het goederenvervoer op Nederlands grondgebied. Hiervoor zijn de waarden uit de Nationale Milieuverkenning 3 gebruikt (van Wee *et al.*, 1993) (zie tabel 3.1).

**Tabel 3.1** CO<sub>2</sub>- en NO<sub>x</sub>-emissies door het goederenvervoer in 2010

	CO <sub>2</sub> (kton)		NO <sub>x</sub> (kton)	
	pakket 1	pakket 2	pakket 1	pakket 2
vrachtwagens	9296	9996	100	45
binnenvaart	2063	2063	33	33
totaal	11359	12059	133	78

Bron: van Wee *et al.* (1993)

De emissies door het railgoederenvervoer zijn niet in de tabel opgenomen. Een van de redenen hiervoor is dat de emissies van elektriciteitscentrales die voortvloeien uit de elektriciteitsopwekking ten behoeve van railvervoer bij de regeringsdoelstellingen niet aan de sector verkeer en vervoer worden toebedeeld. Daar het railvervoer een gering aandeel heeft in het totale goederenvervoer (in 1990 was dit - gemeten in tonkilometers - 4%) en daar de emissiefactoren van NO<sub>x</sub> en CO<sub>2</sub> bij het railvervoer veel lager zijn dan bij het wegvervoer, zou opname van het railgoederenvervoer de totale emissies door het goederenvervoer slechts in geringe mate doen toenemen ten opzichte van de totale in tabel 3.1.

## **3.2 Scenario's met geaggregeerde emissiefactoren**

De in paragraaf 2.1 genoemde emissies per tonkilometer voor weg, binnenvaart en spoor conform de Nationale Milieuverkenning 3, de pakketten 1 en 2 (zie tabel 2.1 van dit rapport) zijn gebruikt in tabel 3.2. Dit zijn dus gemiddelde waarden die voor het totale

<sup>6</sup> Uitgaande van 25 miljoen ton, te vervoeren over 150 km ontstaat een tonkilometrage van 3750 miljoen.

vervoer op Nederlands grondgebied voor de diverse vervoerwijzen gelden<sup>7</sup>.

---

<sup>7</sup> Gerekend is met de niet-afgeronde waarden voor de emissiefactoren; tabel 2.1 bevat de afgeronde waarden.

**Tabel 3.2** Emissies op Nederlands territorium van CO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub> voor een situatie met Betuweroute en voor drie scenario's zonder Betuweroute, uitgaande van de geaggregeerde emissiefactoren.

	2010			
	Betuweroute	Knight Wendling	CPB	variant 3
rail	100%			
<u>additioneel</u>				
<u>vervoer</u>				
<u>afkomstig van:</u>				
o	buitenland	50%	20%	0%
o	NL-binnenvaart	40%	64%	50%
o	NL-weg	10%	16%	50%
<u>Totale emissie</u>				
CO <sub>2</sub> (kton)				
- pakket 1 (MV3)	93,8	94,5	151,2	286,9
- pakket 2 (MV3)	93,8	97,9	156,6	303,8
NO <sub>x</sub> (ton)				
- pakket 1 (MV3)	30	1259	2015	3394
- pakket 2 (MV3)	30	992	1587	2059
<u>Vermindering situatie met Betuweroute ten opzichte van de drie varianten</u>				
CO <sub>2</sub> (kton)				
- pakket 1 (MV3)		0,75	57,5	193,1
- pakket 2 (MV3)		4,13	62,9	210,0
NO <sub>x</sub> (ton)				
- pakket 1 (MV3)		1229	1985	3364
- pakket 2 (MV3)		962	1558	2029
<u>Vermindering situatie met Betuweroute ten opzichte van de drie varianten als percentage van de totale emissies door het goederenvervoer<sup>1)</sup></u>				
CO <sub>2</sub>				
- pakket 1 (MV3)		0,01	0,51	1,70
- pakket 2 (MV3)		0,03	0,52	1,74
NO <sub>x</sub>				
- pakket 1 (MV3)		0,9	1,49	2,53
- pakket 2 (MV3)		1,2	2,00	2,60

<sup>1)</sup> Bij de totale emissies door het goederenvervoer zijn de emissies door het rail-goederenvervoer buiten beschouwing gelaten. Zouden deze ook zijn meegenomen, dan is de procentuele reductie iets lager.

De tabel is opgesteld om de invloed van de aanleg van de Betuweroute op de *Nederlandse NO<sub>x</sub>- en CO<sub>2</sub>-emissies* te kunnen vaststellen. Immers, het hoofddoel van de MV3 en de SVV'93 is de invloed van ontwikkelingen en beleidsmaatregelen op de Nationale emissies/doelstellingen vast te stellen. De waarden in bovenstaande tabel hebben betrekking op de emissies *op Nederlands territorium*. Indien de *totale internationale* milieueffecten zouden moeten worden berekend (dus niet alleen de effecten op Nederlands territorium) kan van deze tabel niet worden gebruikt. De totale internationale effecten van de Betuweroute op de NO<sub>x</sub> en CO<sub>2</sub>-emissies zijn gunstiger dan wat in de tabel is weergegeven. Immers, er worden ook voordelen op buitenlands territorium behaald.

Verder zij uitdrukkelijk vermeld dat de tabel is opgesteld op basis van de emissies per tonkilometer per vervoerwijze die gelden voor het *totale* vervoer van de diverse vervoerwijze op Nederlands grondgebied, en dus niet door de inzet van de specifieke vervoermiddelen in beschouwing te nemen die gevoelig zijn voor concurrentie van de Betuweroute. Zouden de specifieke vervoermiddelen in beschouwing worden genomen, dan worden de verschillen tussen wel of niet aanleggen van de Betuweroute kleiner dan wat in tabel 3.2 is aangegeven. De binnenschepen en vrachtwagens die eventueel het vervoer verzorgen dat eventueel over de Betuweroute per spoor zou worden vervoerd, zijn groter dan gemiddeld en hebben dus lager dan gemiddelde emissies, zo blijkt uit tabel 2.2. Zie hiervoor paragraaf 3.3

Verder dient te worden bedacht dat *geen rekening is gehouden met de overslag van goederen*. Deze overslag resulteert ook in emissies en vergt ook energie. Verder is *geen rekening gehouden met eventueel voor- en natransport* in geval goederen per trein of binnenschip worden vervoerd. Tenslotte is verondersteld dat de afstand waarover de goederen worden vervoerd niet wordt beïnvloed door de gekozen vervoerwijze: deze is voor weg, rail en binnenvaart gelijk verondersteld. Dit hoofdstuk leent zich daarom alleen voor het verkrijgen van inzicht in de orde van grootte van de bijdrage van de Betuweroute aan het verlagen van de Nederlandse CO<sub>2</sub>- en NO<sub>x</sub>-emissies.

Uit de tabel kunnen ten aanzien van de emissies van NO<sub>x</sub> en CO<sub>2</sub> op Nederlands grondgebied de volgende conclusies worden getrokken.

- o De mate waarin de Betuweroute leidt tot lagere CO<sub>2</sub>- en NO<sub>x</sub>-emissies is afhankelijk van de wijze waarop het additionele railvervoer zou worden vervoerd in een situatie zonder Betuweroute. Indien dit additionele railvervoer in een situatie zonder Betuweroute plaats zou vinden volgens de verdeling over buitenland, via Nederland per binnenschip en via Nederland over de weg conform het rapport van Knight Wendling, is de vermindering in CO<sub>2</sub>-emissies verwaarloosbaar. De vermindering in NO<sub>x</sub>-emissies door het totale goederenvervoer bedraagt dan circa 1%.
- o Indien voor de hiervoor genoemde verdeling wordt uitgegaan van de variant van het Centraal Planbureau is de vermindering in CO<sub>2</sub>-emissies door het goederenvervoer circa een half procent. De vermindering van de NO<sub>x</sub>-emissies door het totale goederenvervoer bedraagt 1,5 tot 2%.

- o Er is door het RIVM een variant opgesteld die - gegeven de totale vervoerprestatie van de Betuweroute in 2010 - wellicht de bovengrens aangeeft ten aanzien van wat er voor de reductie in emissies van CO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub> kan worden bereikt. In deze hypothetische variant is verondersteld dat de Betuweroute geen additioneel vervoer via Nederland genereert, en dat het additionele railvervoer voor de helft afkomstig is van het wegvervoer en voor de andere helft van de binnenvaart. In dat geval is de verlaging van de CO<sub>2</sub>-emissies door het totale goederenvervoer op Nederlands grondgebied 1,7%. Voor NO<sub>x</sub> is de vermindering 2,5%.
- o De eindconclusie is dat door de aanleg van de Betuweroute de emissies van CO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub> op Nederlands grondgebied in geringe mate kan worden verlaagd. Uitgaande van een voorspoedige internationale samenwerking op het gebied van het railvervoer, een marktgerichte, efficiënte organisatie van het rail-goederenvervoer en een macro-economische ontwikkeling conform het ER-scenario van het CPB is de vermindering van de CO<sub>2</sub>-emissies op Nederlands grondgebied door het goederenvervoer 0 tot 2%. De vermindering van de NO<sub>x</sub>-emissies op Nederlands grondgebied door het goederenvervoer is dan circa 1 tot 2,5%.

### 3.3 Scenario's met gedesaggregeerde emissiefactoren

De in paragraaf 2.3 genoemde emissies per tonkilometer voor weg, binnenvaart en spoor conform de Nationale Milieuverkenning 3, de pakketten 1 en 2 (zie tabel 2.3 van dit rapport) zijn gebruikt in tabel 3.3. Dit zijn dus waarden de gedesaggregeerde emissiefactoren voor de diverse vervoerwijzen gelden<sup>8</sup>.

---

<sup>8</sup> Gerekend is met de niet-afgeronde waarden voor de emissiefactoren; tabel 2.3 bevat de afgeronde waarden.

**Tabel 3.3** Emissies op Nederlands territorium van CO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub> voor een situatie met Betuweroute en voor drie scenario's zonder Betuweroute, uitgaande van de gedesaggregeerde emissiefactoren.

	2010			
	Betuweroute	Knight Wendling	CPB	variant 3
rail	100%			
<u>additioneel</u>				
<u>vervoer</u>				
<u>afkomstig van:</u>				
o	buitenland	50%	20%	0%
o	NL-binnenvaart	40%	64%	50%
o	NL-weg	10%	16%	50%
<u>Totale emissie</u>				
CO <sub>2</sub> (kton)				
- pakket 1 (MV3)	93,8	80,6	129,0	245,6
- pakket 2 (MV3)	93,8	83,6	133,8	260,6
NO <sub>x</sub> (ton)				
- pakket 1 (MV3)	30	1069	1710	2812
- pakket 2 (MV3)	30	851	1362	1725
<u>Vermindering situatie met Betuweroute ten opzichte van de drie varianten</u>				
CO <sub>2</sub> (kton)				
- pakket 1 (MV3)		-13,1	35,2	151,9
- pakket 2 (MV3)		-10,1	40,1	166,9
NO <sub>x</sub> (ton)				
- pakket 1 (MV3)		1039	1680	2783
- pakket 2 (MV3)		821	1332	1695
<u>Vermindering situatie met Betuweroute ten opzichte van de drie varianten als percentage van de totale emissies door het goederenvervoer<sup>1)</sup></u>				
CO <sub>2</sub>				
- pakket 1 (MV3)		-0,12	0,31	1,34
- pakket 2 (MV3)		-0,08	0,33	1,38
NO <sub>x</sub>				
- pakket 1 (MV3)		0,78	1,26	2,09
- pakket 2 (MV3)		1,05	1,71	2,17

<sup>1)</sup> Bij de totale emissies door het goederenvervoer zijn de emissies door het rail-goederenvervoer buiten beschouwing gelaten. Zouden deze ook zijn meegenomen, dan is de procentuele reductie iets lager.

Tabel 3.3 geeft een beeld van de mogelijke bijdrage van het gebruik van de Betuweroute indien wordt gerekend met de emissiefactoren voor de diverse vrachtwagentypen, binnenschepen en railvervoermiddelen die 'Betuweroute-concurrentie-gevoelig' zijn, binnen de context van de veronderstellingen uit de MV3. De kanttekeningen die in paragraaf 3.2 zijn gemaakt over de geldigheid van de tabel en de daaruit te trekken conclusies gelden ook voor deze paragraaf.

Uit tabel 3.3 blijkt, dat de conclusies slechts in geringe mate verschillen van de conclusies, zoals getrokken in paragraaf 3.2 (geaggregeerde emissiefactoren):

- o Doordat volgens de gedesaggregeerde methode de emissiefactoren van binnenvaart en goederenwegvervoer lager zijn dan volgens de geaggregeerde methode (er worden immers relatief grote vervoermiddelen ingezet voor het betreffende vervoer) zijn de verschillen in  $\text{NO}_x$ - en  $\text{CO}_2$ -emissies op Nederlands grondgebied in een situatie met respectievelijk zonder Betuweroute wat kleiner dan wanneer met de geaggregeerde emissiefactoren wordt gerekend.
- o Indien voor de verdeling van het additionele railvervoer (zie paragraaf 3.2) wordt uitgegaan van het rapport van Knight Wendling, resulteert het gebruik van de Betuweroute in een toename van 10 tot 13 kton  $\text{CO}_2$ -emissies op Nederlands grondgebied. Als percentage van de totale  $\text{CO}_2$ -emissies door het goederenvervoer op Nederlands grondgebied is deze toename verwaarloosbaar. De vermindering in  $\text{NO}_x$ -emissies door het totale goederenvervoer bedraagt dan circa 1%.
- o Indien wordt uitgegaan van de variant van het Centraal Planbureau is de vermindering in  $\text{CO}_2$ -emissies circa 0,3 procent. De vermindering van de  $\text{NO}_x$ -emissies door het totale goederenvervoer bedraagt dan circa 1,5%
- o Er is door het RIVM een variant opgesteld die - gegeven de totale vervoerprestatie van de Betuweroute in 2010 wellicht de bovengrens aangeeft ten aanzien van wat er voor de emissies van  $\text{CO}_2$  en  $\text{NO}_x$  kan worden bereikt. In deze hypothetische variant is verondersteld dat de Betuweroute geen additioneel vervoer via Nederland genereert, en dat het additionele railvervoer voor de helft afkomstig is van het wegvervoer en voor de andere helft van de binnenvaart. In dat geval is de verlaging van de  $\text{CO}_2$ -emissies door het totale goederenvervoer op Nederlands grondgebied circa 1,4%. Voor  $\text{NO}_x$  is de vermindering circa 2,1%.
- o De eindconclusie is dat de aanleg van de Betuweroute de emissies van  $\text{CO}_2$  en  $\text{NO}_x$  op Nederlands grondgebied in geringe mate kan verlagen. Uitgaande van een voorspoedige internationale samenwerking op het gebied van het railvervoer, een marktgerichte, efficiënte organisatie van het rail-goederenvervoer en een macro-economische ontwikkeling conform het ER-scenario van het CPB is de vermindering van de  $\text{CO}_2$ -emissies op Nederlands grondgebied door het goederenvervoer 0 tot 1,5%. De vermindering van de  $\text{NO}_x$ -emissies op Nederlands grondgebied door het goederenvervoer is dan circa 1 tot 2%.

#### 4. CONCLUSIES EN KANTTEKENINGEN

De hieronder genoemde conclusies zijn alleen geldig binnen het kader van de gepresenteerde randvoorwaarden zoals vermeld in de tekst en bijlagen van dit rapport.

Dit rapport geeft emissiefactoren voor 1990 en 2010 voor vervoer per vrachtwagen, trein en binnenschip, evenals daaraan ten grondslag liggende veronderstellingen. Ten aanzien van emissiefactoren gelden de volgende conclusies:

- o Indien emissiefactoren per vervoerwijze voor geheel Nederland nodig zijn, verdient het aanbeveling uit te gaan van de emissiefactoren van CO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub> volgens tabel 2.1 van dit rapport. Voor de emissiefactor behorende bij naar laadvermogen onderscheiden categorieën voertuigen wordt verwezen naar tabel 2.2.
- o In het kader van de beeldvorming over milieu-effecten van het gebruik van de Betuweroute verdient het aanbeveling om die typen voertuigen met elkaar te vergelijken die Betuweroute-concurrentie-gevoelig zijn.
- o Voor inzicht in de CO<sub>2</sub>- en NO<sub>x</sub>-emissies als gevolg van het al dan niet aanleggen en gebruiken van de Betuweroute verdient het aanbeveling voor het wegvervoer uit te gaan van voertuigen > 20 ton, en voor de binnenvaart van vaartuigen > 1800 ton.
- o Voor inzicht in de relatie voertuiggrootte - emissiefactoren van NO<sub>x</sub> en CO<sub>2</sub> wordt verwezen naar tabel 2.1 van dit rapport.
- o Voor inzicht in de invloed van aanleg van de Betuweroute op Nationale CO<sub>2</sub>- en NO<sub>x</sub>-emissies verdient het aanbeveling uit te gaan van de emissiefactoren volgens tabel 2.3.
- o Op basis van wat nu bekend is over emissiefactoren en voertuigtechnische en motortechnische middelen en mogelijkheden luidt de conclusie dat de CO<sub>2</sub>- en NO<sub>x</sub>-emissies per tonkm bij het wegvervoer aanzienlijk hoger zijn dan in de binnenvaart. Bij zowel vervoer per spoor als per binnenvaartschip moet niet worden vergeten dat vrijwel altijd voor- en natransport via de weg nodig is.
- o Nadrukkelijk dient te worden vermeld dat geen rekening is gehouden met de ontwikkeling en inzet van alternatieve aandrijftechnieken. Wel is rekening gehouden met de inzet van milieuvriendelijker wegvervoermiddelen. In het belang van het kunnen leveren van betrouwbare gegevens is geen rekening gehouden met ontwikkelingen en toepassingen van bijvoorbeeld elektrische vrachtwagens (eerste prototypen worden nu pas gebouwd) en van vrachtwagens aangedreven door een waterstof-motor. Verder is geen rekening gehouden met CO<sub>2</sub>-afvang bij elektriciteitscentrales.



Gegeven hetgeen hiervoor is verwoord over emissiefactoren geldt dat door het gebruik van de Betuweroute de emissies van CO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub> op Nederlands grondgebied in 2010 in geringe mate kunnen worden verminderd. Uitgaande van een voorspoedige internationale samenwerking op het gebied van het railvervoer, een marktgerichte, efficiënte organisatie van het rail-goederenvervoer, een macro-economische ontwikkeling conform het ER-scenario van het CPB en de beleidspakketten 1 en 2, opgesteld ten behoeve van de Nationale Milieuverkenning 3 en de SVV-verkenning 1993 is de vermindering van de CO<sub>2</sub>-emissies op Nederlands grondgebied door het goederenvervoer 0 tot 2%. De vermindering van de NO<sub>x</sub>-emissies op Nederlands grondgebied door het goederenvervoer is dan circa 1 tot 2,5%.

De absolute vermindering van de NO<sub>x</sub>- en CO<sub>2</sub>-emissies in geheel Europa door de aanleg van de Betuweroute zal aanzienlijk groter zijn dan de vermindering op Nederlands grondgebied.

**LITERATUURLIJST**

Flikkema, H., A.L. 't Hoen, J. van der Waard (1993)

**SVV-verkenning. Analyses en prognoses**

Rotterdam: Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Adviesdienst Verkeer en Vervoer

Knight Wendling (1992)

**Macro economische en maatschappelijke kosten-baten analyse van de Betuweroute**

Amsterdam: Knight Wendling Consulting B.V.

NEA (1993a)

**Trendbreukscenario goederenvervoer: vervoer, verkeer en milieu in de huidige situatie en basisscenario**

Rijswijk: NEA

NEA (1993b)

**Trendbreukscenario goederenvervoer: vervoer, verkeer en milieu in de werkscenario's en het trendbreukscenario**

Rijswijk: NEA

Peeters, P.M. (1993)

**Goed op weg. Naar een trendbreuk in het goederenvervoer.** Werkgroep '2duizend, Amersfoort: Werkgroep '2duizend

RIVM (1993)

**Nationale Milieuverkenning 3 1993-2015**

Alphen aan den Rijn: Samson H.D. Tjeenk Willink bv

Tweede Kamer der Staten-Generaal (1993)

**Betuweroute**

Deel 3: kabinetsstandpunt

Tweede Kamer, vergaderjaar 1992-1993, 22 589, nrs. 4-5

Vlist, M.J.M. van der, M. van den Heuvel (1993)

**Trendbreukscenario Goederenvervoer: Het Groene Techniek Scenario**

Delft: INRO-TNO

Wee, G.P. van, J. van der Waard (ed.), M.J. van Doesburg, H.C. Eerens, H. Flikkema, A.L. 't Hoen, E. Rab, R. Thomas (1993)

**Verkeer en vervoer in de Nationale Milieuverkenning 3 en de SVV-verkenning 1993**

Bilthoven/Rotterdam: Rijksinstituut voor volksgezondheid en Milieuhygiëne/Adviesdienst Verkeer en Vervoer

Wee, G.P. van, R. Thomas, W. Dunnewold, M. van den Heuvel (1993)

**Emissiefactoren van CO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub> van het goederenvervoer voor 1990 en 2015**

notitie 93/NL/270

Delft: TNO



## **INHOUDSOPGAVE BIJLAGEN**

- BIJLAGE 1 BEREKENINGSWIJZE TONKILOMETERS PER VERVOERWIJZE**
- BIJLAGE 2 BEREKENINGSWIJZE EMISSIEFACTOREN PER VERVOERWIJZE**
- BIJLAGE 3 UITGANGSPUNTEN BASISSCENARIO NEA 2015**
- BIJLAGE 4 UITGANGSPUNTEN GROENE TECHNIEK SCENARIO**



## BIJLAGE 1 BEREKENINGSWIJZE TONKILOMETERS PER VERVOERWIJZE

De Algemene Milieustatistiek 1990 van het CBS<sup>9</sup> geeft voor 1990 de volgende waarden:

- o Wegvervoer: 35,3 mld. tonkms
- o spoorwegen: 3,1 mld. tonkms
- o binnenvaart: 35,7 mld. tonkms

Navraag bij het CBS heeft opgeleverd dat bij het wegvervoer alle voertuigen zijn meegenomen met een laadvermogen van meer dan 1 ton. Een deel hiervan is bestelwagens. In *tonnen* uitgedrukt wordt circa 0,6% vervoerd door voertuigen met een laadvermogen van 1 tot 1,5 ton en 0,9% door voertuigen met een laadvermogen van 1,5 tot 3 ton. Van de laatste categorie is slechts een beperkt deel bestelwagens; de rest is vrachtwagens. Ervan uitgaande dat in deze categorie het eigen gewicht van het voertuig tenminste gelijk is aan het laadvermogen, zal naar schatting circa 0,1 van de 0,9 % vervoerd worden met bestelwagens. In totaal wordt dan  $0,6 + 0,1 = 0,7\%$  van alle tonnen vervoerd door bestelwagens. Het vervoer per bestelwagen vindt naar verwachting over gemiddeld veel kortere afstanden plaats dan het vervoer per vrachtwagen en trekker. Het aandeel in *tonkilometers* is dus veel geringer, bijvoorbeeld: 0,2% Om het totale aantal tonkilometers van vrachtwagens en trekkers volgens het CBS te verkrijgen, zou de waarde uit de Algemene Milieustatistiek dus met circa 0,2% moeten worden verlaagd.

Een andere bron, welke mede is gebaseerd op CBS-statistieken is het model ATTACK<sup>10</sup>. Volgens ATTACK werd in 1989 bijna 2% van alle tonkilometers vervoerd door bestelwagens. Dit zijn alle bestelwagens, dus niet alleen de bestelwagens met een laadvermogen van meer dan 1 ton. Ervan uitgaande dat hiervan een significant deel wordt vervoerd door bestelwagens met een laadvermogen van maximaal 1 ton (ruwweg: alle bestelwagens tot aan de categorie 'Volkswagenbusje') zal dus volgens ATTACK hooguit 1% van alle tonkilometers worden vervoerd door bestelwagens met een laadvermogen van meer dan 1 ton.

De conclusie is beide bronnen is, dat het aantal tonkilometers, afgelegd volgens de Algemene Milieustatistiek 1992 door het wegverkeer voor hooguit 1% door bestelwagens wordt vervoerd, en wellicht nog voor een aanzienlijk geringer deel. Op basis hiervan wordt voorgesteld het aantal tonkilometers, afgelegd door de CBS-categorieën 'vrachtwagens' en 'trekkers' gelijk te verklaren aan de waarde voor het wegvervoer volgens de Algemene Milieustatistiek 1992.

Voor 2010 is uitgegaan van het aantal tonkilometers volgens de Nationale Milieuverkenning 3 en de SVV-verkenning 1993. Deze zijn voor het wegvervoer in eerste instantie berekend met het model ATTACK en met behulp van TEM-II en vervolgens gecorrigeerd voor de veronderstelde verschuiving in de vervoerwijzekeuze (zie van Wee en van der Waard, 1993).

---

<sup>9</sup> CBS (1993), Algemene Milieustatistiek 1992

<sup>10</sup> Uittenbogaart, P.J. (1993), Attack. Een Interactief Computer-Simulatiemodel voor het Bedrijfsvoertuigenpark. Functionele Specificatie. Rotterdam: Nederlands Economisch Instituut.



## **BIJLAGE 2 BEREKENINGSWIJZE EMISSIEFACTOREN PER VERVOERWIJZE**

### **Rail**

Op basis van de vervoerprestatie (Nederlandse Spoorwegen, 1992) met elektrisch materieel (naar schatting 80% van de totale prestatie), de hiervoor benodigde elektriciteit en de emissie per geleverde kWh<sub>e</sub> is bepaald hoeveel NO<sub>x</sub> en CO<sub>2</sub> per tonkilometer werd geëmitteerd in 1990.

De emissie per geleverde kWh<sub>e</sub> is afgeleid uit CBS-gegevens (CBS 1991, 1993)

Voor 2010 is verondersteld, dat het elektriciteitsgebruik per tonkm 20% lager is dan in 1990. De emissie per geleverde kWh<sub>e</sub> in dat jaar is gebaseerd op de technologie bij elektriciteitsproductie zoals beschreven in de Nationale Milieuverkenning 3 (RIVM, 1993). Voor nadere informatie wordt verwezen naar de tabel 'Rail goederen Nederland' die onderdeel uitmaakt van deze bijlage.

### **Binnenvaart**

De brandstofverbruik- en emissiegegevens voor de binnenvaart, cq van vrachtschepen, voor het jaar 1990 zijn afkomstig van CBS (CBS, 1992a), die voor 2010 van de Nationale Milieuverkenning 3 (RIVM, 1993). Hierin is verondersteld dat het brandstofverbruik tussen 1990 en 2010 daalt met 15 % per tonkm. De emissie van NO<sub>x</sub> per kg dieselolie blijft onveranderd. Voor nadere informatie wordt verwezen naar de tabel met gegevens over binnenvaart en wegvervoer die onderdeel uitmaakt van deze bijlage.

### **Weg**

De brandstofverbruik- en emissiegegevens voor het wegvrachtvervoer (vrachtauto's en trekkers) voor het jaar 1990 zijn afkomstig van CBS (CBS, 1992b), die voor 2010 van de Nationale Milieuverkenning 3 (RIVM, 1993). Hierin is verondersteld dat in het Europa-scenario Pakket 1 het brandstofverbruik daalt met 7% per tonkm. In Pakket 2 is het brandstofgebruik per tonkm in 2010 gelijk aan dat van 1990. De emissie van NO<sub>x</sub> daalt als gevolg van verscherpte normstelling van 2,78 in 1990 tot resp. 1,26 en 0,58 gram per tonkilometer in 2010 in Pakket 1 en Pakket 2. Voor nadere informatie wordt verwezen naar de tabel met gegevens over binnenvaart en wegvervoer die onderdeel uitmaakt van deze bijlage.



## RAIL GOEDEREN NEDERLAND

JAAR:	1990	2010
miljard tonkm diesel +elektr.	3.07	nvt
aandeel elektrisch	80	
miljard tonkm elektr.	2.46	
min kWhe	122	nvt
PJe	0.44	nvt
kWhe/tonkm	0.050	0.037
MJø/tonkm	0.18	
MJc/tonkm	0.44	nvt
rend. el. opwekking	0.40	
<b>Emissie per tonkm:</b>		
CO2 gram	32	25
NOx mg	61	8
CO mg	1.4	?
VOS mg	0.3	?
p.m. mg	1.4	0.4
SO2 mg	38	8
<b>Emissies (min kg):</b>		
CO2	38100	49700
NOx	72	16.5
CO	1.7	?
VOS	0.31	?
p.m.	1.7	0.8
SO2	45	15.3
<b>Productie:</b>		
min kWhe	58333	73889
PJe	210	266
PJc	520	578
<b>Emissie gram per kWhe:</b>		
CO2	653	673
NOx	1.23	0.22
CO	0.029	
VOS	0.005	
p.m.	0.029	0.011
SO2	0.77	0.21
<b>Emissie gram per GJc</b>		
CO2	73297	85947
NOx	139	29
CO	3	0
VOS	1	0
p.m.	3	1
SO2	87	26
<b>miljoen kWhe t.b.v. spoorwegen:</b>		
totaal	1081	nvt
goederen	122	nvt
personen	959	nvt
% elektr. t.b.v. goederen	11.3	

## BINNENVAART-alleen vrachtschepen, dus excl. visserschepen, passagier/veerboten, pleziervaart

EMISSIES	kton	kton	per tonkm	per tonkm	kton	
	1990	2010 EUR-1	1990	2010 EUR-1	2010 EUR-2	
CO2	1404	1743	39	33 gram	1743	gram
NOx	22	27	616	516 mg	27	mg
CO	4.3	5.4	120	103 mg	5.4	mg
VOS	2.2	2.2	62	42 mg	2.2	mg
p.m.	0.9	1.1	25	22 mg	1.1	mg
SO2	1.6	0.5	45	10 mg	0.5	mg
miljard TONKM	35.7	52.1			52.1	
Energie: mln l diesel	534	663	0.015	0.013 l/tonkm	afgeleid uit CO2-emissiedata	
Energie :PJ	19.2	23.8	0.54	0.46 MJ/tonkm	afgeleid uit CO2-emissiedata	
Emissiefactor g/GJc						
CO2	73302	73292				
NOx	1149	1131				
CO	225	226				
VOS	115	93				
p.m.	47	47				
SO2	84	22				

## WEG (vrachtwagens en trekkers)

EMISSIES	kton	kton	per tonkm	per tonkm	kton	per tonkm
	1990	2010 EUR-1	1990	2010 EUR-1	2010 EUR-2	2010 EUR-2
CO2	5486	9296	155	120 gram	9996	129 gram
NOx	98	100	2776	1294 mg	45	582 mg
CO	24	41	680	530 mg	18	233 mg
VOS	16	16	453	207 mg	7	91 mg
p.m.	7.2	2.4	204	31 mg	1.7	22 mg
SO2	5.9	2.8	167	36 mg	3	39 mg
miljard TONKM	35.3	77.3			77.3	
Em. factor g/GJ						
CO2	73147	73197				
NOx	1307	787				
CO	320	323				
VOS	213	126				
p.m.	96	19				
SO2	79	22				
Energie: mln l brandstof	2086	3535				
Energie :PJ	75	127	2.12	1.64 MJ/tonkm		

CBS (1991)

**De Nederlandse Energiehuishouding, jaarcijfer 1990.**

Den Haag, sdu uitgeverij/cbs-publicaties 1991.

CBS (1992a)

**Luchtverontreiniging, emissie door mobiele bronnen 1989, 1990, 1991**

Voorburg, schriftelijke mededeling J.A.P. Klein, CBS.

CBS (1992b)

**Luchtverontreiniging, emissie door wegverkeer 1980 - 1990**

Den Haag, sdu uitgeverij/cbs-publicaties 1992.

CBS (1993)

**Milieustatistieken, Luchtverontreiniging, totale emissies door menselijke activiteiten;  
versie 7/93**

Voorburg.

Nederlandse Spoorwegen (1992)

**Algemene Bedrijfsgegevens, juni 1992**

Utrecht, Interne en Externe Betrekkingen en Ondernemingscontrol, 5e Sector.

### BIJLAGE 3 TOELICHTING BASISSCENARIO NEA 2015

In paragraaf 2.2 is gebruik gemaakt van gegevens van de studie 'Trendbreukscenario Goederenvervoer'. Deze studie ligt ten grondslag aan het rapport 'Goed op Weg' van de Werkgroep '2duizend'.

Het doel van het Trendbreukscenario Goederenvervoer was: de ontwikkeling en beschrijving van een goederenvervoersysteem voor Nederland, dat voldoet aan stringente randvoorwaarden voor wat betreft de beperking van het energiegebruik en van de aantasting van het leefmilieu, zodat het past binnen een duurzame ecologische ontwikkeling.

#### Enkele kerngegevens Basisscenario 2015:

- De totale vervoeromvang in tonnen neemt toe met 58% (tot in totaal 1.276 miljoen ton) t.o.v. 1990. Het wegvervoer groeit met 56%; de binnenvaart met 59% en het spoor met 114%.
- Deze groei is sterker in het internationaal vervoer dan in het binnenlands vervoer: groei van 113% (in tonnen). De groei van het binnenlands vervoer bedraagt 27%.
- De vervoerprestatie groeit sneller dan het vervoer in tonnen: in 2015 komt daar 78% bij. De afstand waarover gemiddeld wordt vervoerd, neemt dus toe.
- De groei van de internationale vervoerprestatie is groter dan van de binnenlandse. De grootste groeier is het internationale wegvervoer. Het binnenlands vervoer per schip neemt iets af.
- De verdeling (in procenten) over de vervoerwijzen is als volgt:

Modal Split	Wegvervoer		Binnenvaart		Spoorvervoer	
	1990	2015	1990	2015	1990	2015
binnenlands	71	77	26	18	3	4
internatio- naal	33	41	61	53	6	7
totaal	51	53	44	41	5	6

- Voor alle drie de vervoerwijzen blijkt dat het aantal beladen kilometers iets sneller toeneemt dan de lege kilometers. Er is dus een trend naar een betere benutting van voertuigen.
- De vervoerprestatie (tonkm) van het spoor en de binnenvaart zal ongeveer gelijk zijn aan de groei van het vervoer (ton). Voor het wegvervoer stijgt de vervoerprestatie sterker dan het vervoer.
- De volgende laadvermogenklassen zijn onderscheiden:
  - wegvervoer: klein = vrachtwagen < 10 ton  
 middel = 10-20 ton  
 groot = vrachtwagen > 20 ton  
 bestel = bestelwagen (laadverm <3,5 ton)
  - binnenvaart: klein = laadvermogen < 850 ton  
 middel = 850 - 1800 ton  
 groot = laadvermogen > 1800 ton
  - spoor: geen laadvermogenklassen onderscheiden
- Het internationaal wegvervoer vindt in zijn totaliteit plaats met grote vrachtwagens

- De groei van de verkeersprestaties voor de weg en de binnenvaart ligt hoger dan die voor het verkeer: de gemiddelde afstand die een voer- of vaartuig zal afleggen neemt toe. De groei van de verkeersprestatie van het spoor is gelijk aan de groei van het verkeer.
- Voor het totale internationale wegvervoer zijn de ritten, kilometers en tonkilometers geschat.
- Van het vervoer in bestelwagens is vrij weinig bekend. Hiervan is een schatting gemaakt.
- De verhouding bij het spoorvervoer van diesel-elektrisch/elektrisch is in 1990 niet gelijk aan deze verhouding in 2015.
- Voor de binnenlandse binnenvaart zijn de lege kilometers en ritten geschat.
- Voor het spoorvervoer is er van uitgegaan dat in 1990 alle wagons weer leeg terug rijden naar de plaats waar ze zijn gestart (verhouding vol:leeg = 1:1). Voor 2015 is aangenomen dat iets meer vol wordt gereden; de verhouding vol:leeg wordt 1:0,8
- Energiegebruik van het spoor: vanaf de productieplaats van de energiedrager -> centrale of raffinaderij.

**De emissiefactoren volgens het Basisscenario 2015 zijn gebaseerd op technische en logistieke ontwikkelingen.**

Het Groene Techniekscenario (zie bijlage 3) gaat uit van deze ontwikkelingen in het Basisscenario 2015. Aanvullend daarop zijn (uitsluitend) verdergaande technische ontwikkelingen verondersteld.

## BIJLAGE 4 GROENE TECHNIEK SCENARIO

In de studie 'Trendbreukscenario Goederenvervoer' (TBG) zijn diverse scenario's ontwikkeld om de maximaal haalbare vermindering van CO<sub>2</sub>- en NO<sub>x</sub>-emissie te kunnen bepalen. Een scenario daarvan is het 'Groene Techniek scenario'. De uitgangspunten van deze studie zijn in deze bijlage beschreven.

### Uitgangspunten in Groene Technieksenario

- De nu reeds bestaande voertuigtechnische en motortechnische middelen en mogelijkheden worden geacht verder te zijn ontwikkeld en waar mogelijk te zijn verfijnd.
- In principe worden alle voertuigen, vaartuigen en treinen (vlootbreed) uitgerust c.q. geproduceerd met deze nieuwe technieken.
- Niet alleen de techniek maar ook het rij- en vaargedrag (toepassing van de techniek) is meegenomen. Hiervoor is uitgegaan van de mogelijkheden tot aanpassing die min of meer technisch kunnen worden afgedwongen, dan wel organisatorisch kunnen worden gerealiseerd.
- Voor met name de binnenvaart en rail lijken goede mogelijkheden te bestaan om een substantiële vermindering van NO<sub>x</sub>-uitstoot te bewerkstelligen met zo'n 80% t.o.v. het basisscenario. De SCR (selective catalytic reduction) moet daarvoor in de locomotieven en de binnenvaartschepen worden ingebouwd.
- Voor vervoermiddelen over de weg is onderscheid gemaakt naar vrachtwagens en bestelwagens waarbij de vrachtwagens verder worden verdeeld naar grootte: < 10 ton, 10-20 ton, > 20 ton.
- Voor vervoermiddelen via de binnenvaart is onderscheid gemaakt naar grootte van het schip of het laadvermogen: < 850 ton, 850-1800 ton, > 1800 ton.
- Voor railvervoer is uitgegaan van elektrische tractie (80%) en diesel tractie (20%) van goederentreinen.

### Wegtransport

- 1) CO<sub>2</sub>-reductie
  - Voor het berekenen van het energiegebruik en daarmee de uitstoot van CO<sub>2</sub> van vrachtwagens is gebruik gemaakt van de door IW-TNO ontwikkelde verbruiksfunctie. In deze functie worden verschillende factoren en coëfficiënten gebruikt. Deze factoren zijn: massa op de weg, bruto massa, frontaal oppervlak en gemiddelde snelheid. Daarnaast spelen de volgende coëfficiënten een rol: overwinning rolweerstand, overwinning luchtweerstand, kinetische energie voertuig, kinetische energie roterende delen, gebruik per tijdseenheid.
  - Het energiegebruik/CO<sub>2</sub>-uitstoot is berekend voor zowel **beladen** als **lege** vrachtwagens.
  - Naast aanpassingen aan de techniek van het voertuig zijn ook aanpassingen in het rijgedrag mogelijk. Dit levert een extra brandstofbesparing op van 7,5%.
  - Het brandstofgebruik is "af pomp" gerekend.
- 2) NO<sub>x</sub>-reductie
  - T.o.v. het basisscenario 2015 zijn nog geen technieken voorhanden die een substantiële NO<sub>x</sub>-reductie opleveren. Van de Selectieve Catalitische Reductie-techniek (SCR) wordt verwacht dat deze wel een forse vermindering van NO<sub>x</sub>

kan bewerkstelligen. Echter deze techniek is nog niet toegepast in het Groene Techniekscenario, omdat in de berekeningen er vanuit is gegaan dat een bestelwagen met benzinemotor een vergelijkbaar energiegebruik heeft als een bestelwagen met dieselmotor.

- Voor de berekeningen van NO<sub>x</sub>-uitstoot is onderscheid gemaakt naar snelheidsklasse en laadvermogenklasse van het wegvervoermiddel.

### **Binnenvaart**

- 1) CO<sub>2</sub>-reductie
  - Voor het berekenen van het energiegebruik en daarmee de uitstoot van CO<sub>2</sub> van binnenvaartschepen is gebruik gemaakt van een gebruiksformule van het NEA. De volgende factoren zijn gebruikt: belastingsgraad van de motor, geïnstalleerd vermogen per laadvermogenklasse, gebruiksfactor.
  - Onderscheid wordt gemaakt naar div. beladingsgraden (25%-100%)
  - Het gehanteerde energiebesparingspotentieel bij toepassing van Groene Techniek is aangepast t.o.v. het maximaal haalbare. Het NEA basisscenario heeft al een deel van deze maatregelen in zich. De invoergegevens o.b.v. het Groene Techniek scenario zijn enigszins aangepast. De te bereiken besparing en CO<sub>2</sub>-vermindering door technische verbeteringen t.o.v. het basisscenario is dus optimistisch.
  - Het brandstofgebruik is "af pomp" gerekend.
- 2) NO<sub>x</sub>-reductie
  - Bij toepassing van SCR wordt aangenomen dat 80% van de NO<sub>x</sub>-uitstoot wordt opgevangen en omgezet.

### **Railvervoer**

- 1) CO<sub>2</sub>-reductie
  - Er vindt een directe verrekening plaats van energiegebruik per wagonkilometer naar CO<sub>2</sub>-uitstoot.
  - Onderscheid wordt gemaakt naar beladen en lege wagonkilometers.
  - Voor het energiegebruik door de elektrische locomotieven is het elektrisch gebruik gehanteerd: dus "af stopcontact"
  - Voor de CO<sub>2</sub>-emissie door elektrische locomotieven is ook rekening gehouden met het energiegebruik van de elektriciteitscentrale. Dus het energiegebruik 'af bron'.
  - In het Groene Techniekscenario wordt rekening gehouden met een forse verbetering van de elektriciteitsopwekking (hoger rendement).
  - Toepassing van een hoger voltage is niet opgenomen.
  - Door het NEA is in het basisscenario al rekening gehouden met een energiebesparing in het railvervoer. Voor Groene Techniek is een inschatting gemaakt van de extra besparingsmogelijkheden t.o.v. het basisscenario: 15%.
- 2) NO<sub>x</sub>-reductie
  - Diesel-elektrische locomotieven zijn uitgerust met SCR.

Enige conclusies zijn van belang voor de interpretatie van tabel 2.2 (pag. 6):

- . De uitstoot-cijfers bij de modaliteit rail in tabel 2.2 gaan uit van zowel elektrische tractie (80 %) als diesel-elektrische tractie (20 %). Op de Betuweroute zal alleen

elektrische tractie worden gebruikt. Daarom moeten de rail-waarde uit tabel 2.2 niet worden gebruikt in de discussie over de Betuweroute.

- . De uitgangspunten in het TBG zijn niet gelijk aan die van MV3. Voor MV3 is dit beleid, voor TBG is dit het theoretisch maximaal haalbare. Daardoor worden de waarden in de tabel 2.1 en 2.2 niet conform gelijklopende uitgangspunten. Tabel 2.2 is daarom bovenal geschikt voor verkrijgen van inzicht op de invloed van de grootte van de voertuigen op de emissiefactoren.
- . TBG gaat enkel uit van technieken die waarschijnlijk in 2015 beschikbaar zullen zijn; pakket 2 van MV3 veronderstelt NO<sub>x</sub>-emissie-eisen voor vrachtwagens waarvoor geldt dat het nog niet zeker is of de benodigde technieken er op tijd zullen zijn. Daarom komt TBG tot hogere NO<sub>x</sub>-emissiefactoren dan pakket 2 uit MV3.