

CE

**Oplossingen voor
milieu, economie
en technologie**

Oude Delft 180
2611 HH Delft
tel: 015 2 150 150
fax: 015 2 150 151
e-mail: ce@ce.nl
website: www.ce.n

Inzet van langere en/of zwaardere vrachtauto's in het intermodaal vervoer in Nederland

Effecten op de uitstoot van CO₂ en NO_x

Rapport

Delft, februari 2000

Opgesteld door: ir J.M.W. Dings
ir P.B. Klimbie



Colofon

Bibliotheekgegevens rapport:

Dings, ir J.M.W., ir 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 : Centrum voor energiebesparing en schone technologie, 2000

Goederenvervoer / Vrachtauto's / Binnenlands vervoer / Wegverkeer / Railverkeer / Binnenvaart / Emissies / Emissievermindering / Stikstofoxiden / Kooldioxide / Vergelijkend onderzoek

V.T.: Modal shift / Rebound-effect

Dit rapport kost f 37,50 (€ 17,02) (exclusief verzendkosten).

Publicatienummer: 00.4420.03

Verspreiding van CE-publicaties gebeurt door:

Centrum voor energiebesparing en schone technologie

Oude Delft 180

2611 HH Delft

Tel: 015-2150150

Fax: 015-2150151

E-mail: boender@ce.antenna.nl

Opdrachtgever: Ministerie van Verkeer en Waterstaat, DG Goederenvervoer, Directie Vervoersectoren, Sector Wegvervoer.

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider de heer J.M.W. Dings.

© 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, fax 015-2150151, E-mail ce@antenna.nl, URL <http://antenna.nl/ce>).

Inhoud

Samenvatting	1
1 Inleiding	5
1.1 Aanleiding tot het project	5
1.2 Doel van deze studie	6
1.3 Toegevoegde waarde	6
1.4 Afbakening	6
1.5 Opbouw van het rapport	7
2 De markt voor LZV's	9
2.1 Inleiding	9
2.2 De concurrentie met de conventionele vrachtauto	9
2.2.1 De beladingsgraad van het conventionele alternatief	10
2.2.2 De resulterende beladingsgraad van de LZV	10
2.2.3 Beladingsgraad: rekenvoorbeeld	11
2.3 Beladingsgraad: tonnen, m ³ (volume) of m ² (laadvloeroppervlak)?	13
2.4 De concurrentie met andere vervoerwijzen	13
2.5 Extra markt door kostprijsverlaging	14
3 Opzet van de milieuvergelijking	15
3.1 Inleiding	15
3.2 Niveau van de vergelijking	15
3.3 Normatieve keuzen	16
3.3.1 Stoffen	16
3.3.2 Zichtjaar	17
3.3.3 Life cycle aspecten	17
3.4 Keuzen vervoersproces	17
3.4.1 Afstand	17
3.4.2 Dichtheid goederen	18
4 Milieu-effecten op ritniveau	19
4.1 Inleiding	19
4.2 Uitgangspunten voor de 'base case'	19
4.3 Gevoeligheidsanalyses	21
4.4 Samenvattende tabellen	22
4.5 Weging en waardering van emissies: milieukosten	24
4.6 De kostprijsverlaging	24
4.7 Emissieberekeningen	25
4.8 Beschrijving van de resultaten	26
4.9 Evaluatie van de resultaten	32
4.10 Conclusies: milieu-effecten op microniveau	33

5	Milieu-effecten op macroniveau	35
5.1	Inleiding	35
5.2	Goederenstromen	35
5.3	Initiële effecten: reductie voertuigkm en emissies	37
5.3.1	Potentieel voor substitutie naar LZV's	37
5.3.2	Benutting van substitutie-potentieel	37
5.3.3	Reductie van voertuigkilometers, per eenheid vracht	38
5.3.4	Reductie van emissies, per eenheid vracht	39
5.3.5	Initiële reductie van voertuigkm en emissies, totaal Nederland	39
5.4	Indirect effect 1: effect op spoor en binnenvaart	40
5.4.1	Kruislingse elasticiteiten	41
5.4.2	Kostprijs effecten	42
5.4.3	Resulterende volumeveranderingen spoor en binnenvaart	43
5.4.4	Inschatting van milieu-effect	44
5.5	Indirect effect 2: extra vervoer door lagere transportkosten	45
5.6	Saldo van de milieu-effecten	46
5.7	Verhogen van de effectiviteit	47
6	Conclusies en aanbevelingen	49
6.1	Conclusies	49
6.2	Aanbevelingen	50
	Literatuur	51
	Gebruikte termen en afkortingen	55
A	Prijselasticiteiten goederenwegvervoer	59
B	Beschrijving enkele deelmarkten	61
C	Modelbeschrijving	65
D	Verschillen CLEAR t.o.v. ATTACK	71
E	EU emissie-eisen nieuwe vrachtautomotoren	73

Samenvatting

1 Aanleiding en doel

Dit rapport is geschreven in opdracht van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat, sector Wegvervoer, naar aanleiding van aanhoudende discussies over de voor- en nadelen van de toelating van Langere en eventueel Zwaardere Vrachtauto's (LZV's) in het binnenlands vervoer.

Met LZV's bedoelen we in dit rapport vrachtautocombinaties met een maximumlengte van 25,25 m (nu 18,75 m) en een maximum-totaalgewicht (GVW) van 50, 60 of 70 ton (nu 50 ton). LZV's van deze lengte kunnen modulair worden opgebouwd uit componenten van bestaande trekker/oplegger en vrachtauto/aanhangwagencombinaties. De EU staat een beperkt gebruik van modulair opgebouwde LZV's in het binnenlands vervoer toe.

Het onomstreden voordeel van LZV's is dat ze meer goederen in één keer kunnen transporteren dan de bestaande typen vrachtauto's, hetgeen de economische en milieu-efficiency ten goede kan komen.

Over een aantal potentiële nadelen van de LZV's bestaat de nodige onzekerheid. Een eerste belangrijke discussiepunt is de impact die de lagere kostprijs van het wegvervoer zou kunnen hebben op de concurrentiepositie van het intermodale vervoer. Het is de vraag of een verslechtering van deze concurrentiepositie het beoogde emissievoordeel van de LZV's niet zou verminderen. Een tweede punt is dat de lagere kostprijs van wegvervoer op termijn tot meer wegvervoer zou kunnen leiden, waardoor het emissievoordeel ook lager uit zou kunnen vallen dan beoogd¹.

*Het **doel** van deze studie is om te beoordelen in welke mate en onder welke randvoorwaarden algemene toelating van LZV's in het binnenlandse vervoer kan bijdragen tot vermindering van de uitstoot van CO₂ en NO_x, rekening houdend met de emissie-effecten van een eventuele 'modal shift' en van eventuele 'rebound'-effecten op het transportvolume.*

Deze doelstelling wordt bereikt via aggregatie van twee deelonderzoeken:

- 1 een vergelijking van de uitstoot van CO₂ en NO_x van goederenvervoer met 'conventionele' vrachtauto's, LZV's, treinen en binnenschepen;
- 2 een analyse van de effecten van de toekomstige inzet van de LZV's op de markt voor (binnenlands) intermodaal vervoer en wegvervoer.

In § 2 en § 3 (van de samenvatting) worden de resultaten van beide deelonderzoeken samengevat, in § 4 komen de conclusies over de hoofdvraag aan de orde en § 5 geeft twee beleidsaanbevelingen.

¹ Andere punten betreffen de veiligheid, waarover de SWOV recentelijk heeft gerapporteerd, en de inpasbaarheid in de bestaande infrastructuur. Deze punten zijn geen onderwerp van deze studie geweest.

Vergelijking CO₂- en NO_x-uitstoot vrachtauto, LZV, trein en binnenschip

In dit deelonderzoek is met modelberekeningen onderzocht hoeveel CO₂ en NO_x vrijkomt bij goederenvervoer met een conventionele grote vrachtauto-combinatie, een LZV, een trein en een schip.

Een belangrijke kanttekening is dat de verrichte emissievergelijking alleen betrekking heeft op het vervoer van (zeer) lichte goederen (200-400 kg/m³). Uitbreiding van de laadvolume van vrachtauto's, in deze studie aan de orde, heeft immers alleen zin voor deze relatief lichte goederen omdat bij zwaardere goederen niet het toegestane laadvolume maar de toegestane voertuigmassa maatgevend is. Daarom kunnen aan de hand van de emissievergelijkingen van deze studie geen *algemene* uitspraken over de emissies van de verschillende vervoerwijzen worden gedaan.

Een belangrijke conclusie is dat de CO₂- en NO_x-uitstoot van de geselecteerde transporten sterker afhangt van de technische, logistieke en gedragsmatige randvoorwaarden waaronder iedere vervoerwijze transporteert dan van de keuze van de vervoerwijze. Anders gezegd: voor de uitstoot van CO₂ en NO_x is de vraag met welke modaliteit de goederen worden vervoerd minder relevant dan de vraag hoe iedere modaliteit zélf presteert (schone of vuile dieselmotor of elektrische tractie? hoge of lange snelheid? hoge of lage beladingsgraad? veel of weinig voor- of natransport?). De mogelijke variatie die kan worden verkregen door andere uitgangspunten en beleidsmatige randvoorwaarden is ons inziens te groot om onvoorwaardelijke uitspraken te doen over de 'schoonste' of de 'vuilste' vervoerwijze.

Intermodaal vervoer

Wel kan worden gesteld dat *elektrisch* intermodaal spoorvervoer op CO₂ en NO_x het best scoort onder voorwaarden dat er niet te snel (onder de 100 km/u) en zonder veel stops wordt gereden, de beladingsgraad niet veel lager is dan bij het wegvervoer en er slechts beperkt voor- en/of natransport plaatsvindt. Hiermee vergeleken scoort *dieselektrisch* intermodaal spoorvervoer slecht, vooral door de hoge NO_x-emissies van de locomotiefmotor.

Intermodaal vervoer van lichte goederen per *binnenschip* scoort vergeleken met wegvervoer en LZV's wat beter op het gebied van CO₂ en wat slechter op het gebied van NO_x. De relatieve score van intermodaal vervoer per binnenschip hangt vooral af van de vaarsnelheid, de soort goederen (relatief ongunstig bij lichte goederen) en de scheepsgrootte.

De emissiescore van intermodaal vervoer wordt slechter naarmate voor- en/of natransport een groter deel van de transportketen uit gaat maken. Met name op korte afstanden kan voor- en/of natransport al snel een substantieel deel van de transportketen uitmaken;

Ten slotte kan de, voorlopig nog hoge, NO_x-emissie van de dieselmotoren van binnenschepen en locomotieven op termijn op (kosten)effectieve wijze worden gereduceerd door emissie-eisen in te stellen.

Vrachtauto's en LZV's

Door inzet van LZV's kunnen de emissies per tonkilometer fors worden verlaagd. De reductie van emissies per tonkm kan bij zeer lichte goederen oplopen tot ca 25%, en bij goederen met een dichtheid van 400 kg/m³ tot ca 15%. Dit betekent dat het aantal gevallen waarin wegvervoer beter scoort dan spoor of binnenvaart bij toepassing van LZV's groter is dan bij toepassing van conventionele vrachtauto's. Onvoorwaardelijke uitspraken zijn echter ook bij toepassing van LZV's nog steeds niet mogelijk.

Een belangrijk gegeven is dat de relatieve milieuscore van wegvervoer gunstiger wordt naarmate de goederen lichter worden. Treinen en zeker schepen blijken milieutechnisch vooral geschikt voor het vervoer van relatief zwa-



re goederen, terwijl vrachtauto's, en dus in het bijzonder LZV's, relatief goed zijn geoutilleerd voor het vervoer van lichte goederen.

3 De inzet van LZV's en de invloed op de vervoersmarkt

De inzet van LZV's is met name aantrekkelijk in het segment van vervoer van relatief lichte goederen. In dit segment kan de kostprijs van vervoer in bepaalde gevallen met meer dan 20% dalen. De voornaamste effecten van deze prijsdaling worden hieronder beschreven.

Effect op concurrentiepositie intermodaal vervoer

Door de lagere prijs van het wegvervoer kan de concurrentiepositie van intermodaal vervoer verslechteren. Uit de verrichte analyses blijkt:

- De huidige markt voor *binnenlands* intermodaal vervoer van *relatief lichte* goederen, de voor deze studie relevante concurrentiemarkt, is vrij beperkt. Zij bedraagt ca 1,2 mld tonkm (spoor en binnenvaart beide ca 0,6 mld). Dit is ca 1,5% van het totale aantal in Nederland vervoerde tonkm over weg, spoor en water. Ruim de helft hiervan bestaat uit vervoer van zeecontainers;
- De mate waarin invoering van LZV's deze markt kan bedreigen hangt vrij sterk af van de toegestane massa van de LZV's. Hoe lager het toegestane totaalgewicht, hoe kleiner het aandeel van goederen waarvoor de LZV met het intermodale vervoer concurreert.
- Op basis van recentelijk vastgestelde kruislingse prijselasticiteiten kan worden vastgesteld dat bij een maximaal GVW van 50 resp. 70 ton deze markt met ca 75 resp. 200 mln tonkm zou afnemen. Dit is 0,1 resp. 0,3% van het totale goederenvervoer in Nederland. Het spoorvolume in tonkm op Nederlandse bodem zou afnemen met ca 2% (bij 50 ton GVW) tot ca 5% (bij 70 ton GVW), en het binnenvaartvolume in tonkm op Nederlandse bodem zou afnemen met ca 0,1% (bij 50 ton GVW) tot ca 0,2% (bij 70 ton GVW). Wanneer de LZV's ook in het *internationale* transport zouden worden toegestaan nemen deze percentages vanzelfsprekend toe.
- Uit de analyses blijkt dat deze beperkte 'omgedraaide modal shift' slechts een klein deel (maximaal enkele procenten) van de initiële emissiereductie die door het efficiëntere wegvervoer is verkregen tenietdoet. Dit komt doordat het om een beperkt ladingpakket gaat en doordat de LZV emissietechnisch relatief goed scoort bij lichte goederen (zie de conclusies onder 2).

Effect op totale vervoersvolume

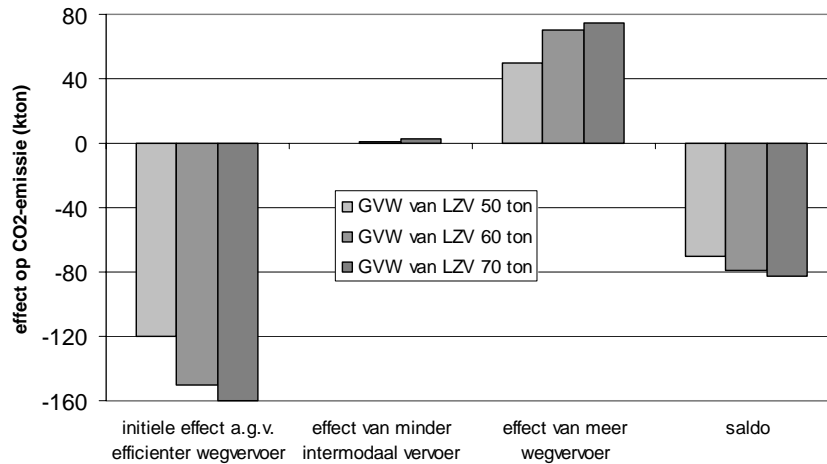
De lagere prijs van het wegvervoer werkt niet alleen een beperkte *substitutie* van spoor en binnenvaart naar wegvervoer in de hand (zoals hierboven omschreven), maar zal op termijn ook tot *extra* vervoer leiden, en daarmee tot meer emissies. Dit effect is niet verwaarloosbaar omdat de zogenoemde 'eigen' prijselasticiteit van goederenwegvervoer ca -0,6 tot -0,9 bedraagt. Op termijn zal circa de helft van de initiële emissiereductie die door het efficiëntere wegvervoer is verkregen door dit effect teniet worden gedaan.

4 Conclusies: effectiviteit van inzet van LZV's

Toelating van LZV's in het binnenlands vervoer zal naar verwachting per saldo een reductie van CO₂-emissie opleveren van maximaal 0,1 Mton. Dit is ca 1% van de CO₂-emissie van het goederenwegvervoer, exclusief bestelauto's, op Nederlandse bodem. De reductie van CO₂-emissie is niet sterk afhankelijk van het toegestane maximumgewicht van de langere voertuigen

(50, 60 of 70 ton GVW). De reductie van CO₂-emissie is getoond in Figuur 1. Over de effecten op de NO_x-emissie is niet binnen aanvaardbare nauwkeurigheidsmarges een uitspraak te doen maar deze zijn naar verwachting vrij beperkt.

Figuur 1 Overzicht van indicatieve effecten van introductie van langere en eventueel zwaardere vrachtauto's in het binnenlandse vervoer op de CO₂-emissie



Het blijkt dat de initiële milieuwinst als gevolg van de hogere efficiency van de LZV's voor een flink deel teniet wordt gedaan door 'rebound'-effecten op transportvolume, maar nauwelijks door negatieve effecten op het intermodale vervoer. Dit laatste komt doordat:

- de verschillen in CO₂-emissie tussen LZV's en intermodaal vervoer bij vervoer van lichte goederen relatief beperkt is (§ 2 van de samenvatting);
- de intermodale markt waarmee LZV's concurreren klein is (§ 3 van de samenvatting).

Deze twee punten gelden sterker naarmate de markt voor LZV's meer beperkt wordt tot zeer lichte goederen, dus vooral wanneer het toegestane voertuiggewicht van LZV's wordt beperkt tot 50 ton.

5 Aanbevelingen

Als milieuwinst het voornaamste doel van inzet van LZV's is, kan de invoering het best vergezeld gaan van flankerend beleid in de vorm van accijnsverhogingen of gedifferentieerde kilometerheffingen voor het gehele wegvervoer. De initiële milieuwinst neemt dan toe door verhoogde vervoersefficiency; tevens worden de 'rebound'-effecten dan geringer omdat de kostprijzdalingen worden afgeroomd. Tegelijkertijd zal de concurrentiepositie van intermodaal vervoer minder worden aangetast.

Als er groot belang aan wordt gehecht om de invoering van LZV's niet ten koste te laten gaan van de concurrentiepositie van intermodaal vervoer, kan het zinvol zijn de massalimiet ook voor de LZV's op de huidige 50 ton te handhaven, dus niet naar 60 of 70 ton op te schroeven. Zoals reeds getoond in Figuur 9 is de totale milieuwinst dan nauwelijks lager dan in het geval 60 of 70 ton als limiet wordt aangehouden. Aanvullend kan flankerend beleid worden overwogen zoals omschreven in de vorige aanbeveling.

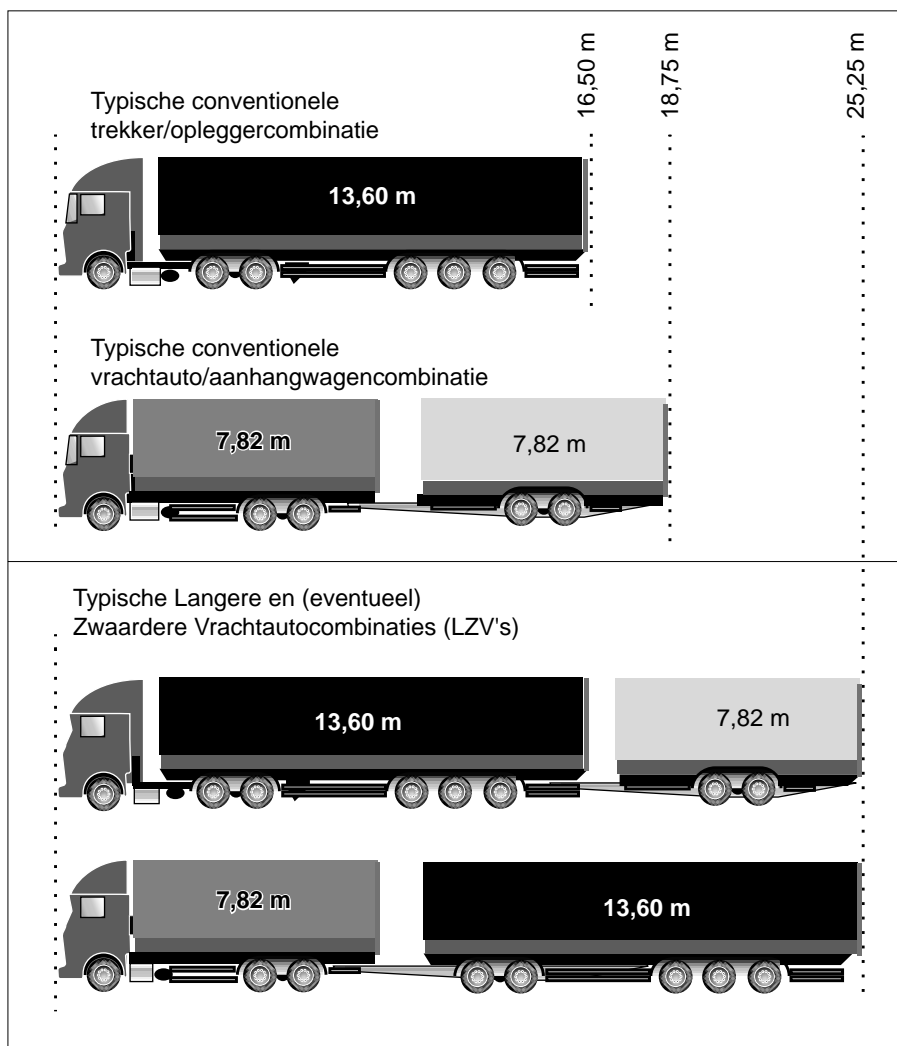
1 Inleiding

1.1 Aanleiding tot het project

In de discussie over de vermindering van de milieubelasting door het goederenvervoer speelt de laatste tijd het potentieel gunstige milieu-effect van Langere en eventueel Zwaardere Vrachtauto's (LZV's) een grote rol. De gedachte hierachter is dat deze auto's per keer meer vracht kunnen vervoeren, waardoor de emissies per tonkilometer worden gereduceerd.

Met LZV's bedoelen we in dit rapport vrachtautocombinaties met een maximumlengte van 25,25 m (nu 18,75 m) en een maximum-totaalgewicht (GVW) van 50, 60 of 70 ton (nu 50 ton). LZV's van deze lengte kunnen modulair worden opgebouwd uit componenten van bestaande trekker/oplegger en vrachtauto/aanhangwagencombinaties. De EU staat in Richtlijn 96/53 een beperkt gebruik van modulair opgebouwde LZV's in het binnenlands vervoer toe. Voorbeelden van typische conventionele en langere voertuigcombinaties zijn getoond in Figuur 2.

Figuur 2 Typische conventionele en langere vrachtautocombinaties.



Bij deze gedachtegang zijn echter enkele kanttekeningen te plaatsen. Zo is er onzekerheid over de effecten van deze voertuigen op de concurrentiepositie van intermodaal vervoer, is het niet op voorhand zeker dat de potentiële efficiencywinst in het wegvervoer daadwerkelijk wordt gerealiseerd en bestaat de kans dat extra vervoer wordt gegenereerd. Deze drie effecten kunnen de potentiële milieuwinst verminderen of misschien zelfs teniet doen.

Om deze reden heeft het Ministerie van Verkeer en Waterstaat het CE verzocht om, rekening houdend met deze kanttekeningen, een inschatting te maken van de milieu-effecten van LZV's. Het Ministerie is vooral geïnteresseerd in specifieke voorwaarden en omstandigheden waaronder de grotere voertuigen een optimaal milieu-effect geven.

1.2 Doel van deze studie

Doel van deze studie is om te beoordelen in welke mate en onder welke randvoorwaarden toelating van langere (25,25 m) en eventueel zwaardere (50, 60 of 70 ton GVW) vrachtauto's in het binnenlandse vervoer kan bijdragen tot vermindering van de uitstoot van CO₂ en NO_x, rekening houdend met de milieu-effecten van eventuele veranderingen in het intermodale vervoer en van eventuele 'rebound'-effecten op het transportvolume.

Deze doelstelling wordt nagestreefd via aggregatie van twee onderzoekslijnen:

- 1 het vergelijken van de uitstoot van CO₂ en NO_x van goederenvervoer per 'conventionele' vrachtauto, LZV, trein en binnenschip;
- 2 het inschatten van de toekomstige inzet van de LZV's in het wegvervoer en de effecten ervan op de markt voor (binnenlands) wegvervoer en intermodaal vervoer.

1.3 Toegevoegde waarde

De studie voegt aan het bestaande materiaal over dit onderwerp op een drietal punten kennis toe.

Ten eerste gaat de studie (in hoofdstuk 3) meer dan tot dusverre is gebeurd in op de modelmatige milieuvergelijking tussen de verschillende vervoersmodaliteiten en de daarvoor gehanteerde uitgangspunten. Deze uitgangspunten zijn getoetst in een breed samengestelde klankbordgroep met vertegenwoordigers uit de verschillende vervoersectoren.

Ten tweede gaat de studie in op een aantal effecten die tot dusverre niet zijn gekwantificeerd en die te maken hebben met de kostprijsverlaging van het wegtransport. Het betreft drie effecten: mogelijke effecten op de beladingsgraad, effecten op de concurrentiepositie van de andere vervoerwijzen en mogelijke 'rebound'-effecten (extra groei van het goederenwegvervoer).

Ten derde is de studie meer gericht op het microniveau waardoor ze beoogt inzicht te geven in de beleidsmatige randvoorwaarden waaronder inzet van LZV's het maximale milieurendement oplevert.

1.4 Afbakening

We nemen alleen vrachtauto's (en -combinaties) van 25,25 meter met 50, 60 of 70 ton GVW (Gross Vehicle Weight, maximaal toegestaan totaal voertuig gewicht) mee in de studie.

De emissies beperken zich tot CO₂ en NO_x. Dit zijn de belangrijkste emissies van het wegtransport; bovendien geven toekomstverkenningen aan dat re-

ductie van deze emissies moeizaam zal zijn. Dit betekent dat ruimtebeslag niet wordt gewaardeerd.

Als zichtjaar nemen we het jaar 2005. Toelating van LZV's in Nederland is een maatregel voor de middellange termijn.

Verder gaan we ervan uit dat de voertuigen vooralsnog alleen op Nederlandse bodem zullen rijden (binnenlands vervoer) en dat er een algemene toelating zal plaatsvinden, dus niet op basis van specifieke vergunningen of ontheffingen.

1.5 Opbouw van het rapport

Het milieu-effect van de nieuwe concepten zal afhangen van de positie die zij in zullen nemen in de transportmarkt. Daarom is hoofdstuk 2 geheel gewijd aan deze marktaspecten. De markt voor deze voertuigen valt uiteen in drie delen:

- 1 vervanging van conventionele vrachtauto's,
- 2 vervanging van railvervoer / binnenvaart en
- 3 (eventueel) nieuw aangetrokken lading.

Het succes van de LZV's in termen van marktaandeel zal afhangen van de kostenbesparing die het transport met de voertuigen met zich meebrengt. Er zijn immers voor vervoerders geen andere belangrijke redenen om met de voertuigen te gaan rijden. De kostenbesparing per tonkm is op zijn beurt weer sterk afhankelijk van de beladingsgraad van de LZV's ten opzichte van hun conventionele tegenhangers. Daarom is de (verandering in) beladingsgraad van groot belang voor het marktpotentieel van de voertuigen.

Uit het functioneren van de nieuwe voertuigen in de markt worden vervolgens de milieu-effecten bepaald. Hoofdstuk 3 gaat in op de wijze waarop de milieu-effecten zijn vastgesteld. Eerst wordt een algemeen kader voor de milieuvergelijking geschetst, vervolgens wordt het rekenmodel kort beschreven.

In de hoofdstukken 4 en 5 worden de resultaten van de verschillende doorrekeningen gepresenteerd. Het eerste hoofdstuk is gewijd aan het microniveau, de effecten op het niveau van individuele voer- en vaartuigen en ritten, het tweede hoofdstuk trekt deze resultaten door naar het macroniveau: hoe groot zouden de effecten in geheel Nederland kunnen zijn?

Hoofdstuk 6 bevat ten slotte de conclusies en beleidsaanbevelingen.



2 De markt voor LZV's

2.1 Inleiding

Dit hoofdstuk beschrijft de wijze waarop de verschillende markten voor vervoer met langere en eventueel zwaardere vrachtauto's tot stand komen. We beschrijven eerst hoe markt zal worden veroverd op de conventionele vrachtauto, vervolgens op rail- en spoorvervoer en ten slotte hoe de voertuigen ook nieuwe lading kunnen aantrekken.

Een belangrijk uitgangspunt bij de beschrijving is dat de LZV's, bij een beladingsgraad gelijk aan die van een conventioneel groot voertuig, tegen lagere kosten per tonkilometer zullen kunnen rijden.

De *kilometerkosten* zijn hoger dan die van conventionele vrachtauto's, voornamelijk als gevolg van de hogere kosten van afschrijving, onderhoud en brandstof. De LZV's zullen echter alleen een eigen plek op de transportmarkt veroveren als ze tegen lagere *tonkilometerkosten* kunnen rijden. Dit is mogelijk doordat de kilometerkosten niet evenredig stijgen met de transportcapaciteit van het voertuig.

Verder gaan we ervan uit dat voor verladers het enige onderscheid tussen vervoer per conventionele grote vrachtauto en per LZV's de prijs is; betrouwbaarheid, stiptheid, snelheid en andere kwaliteitsparameters zullen niet noemenswaardig verschillen.

Ten slotte gaan we ervan uit dat een verlaging van de transportkosten uiteindelijk bij de verlader terecht zal komen. In de praktijk van het wegvervoer lijkt dit een redelijke aanname; als gevolg van de sterke concurrentie worden kostenvoordelen van de transporteur steeds snel doorgegeven.

2.2 De concurrentie met de conventionele vrachtauto

Bij de (algemene) toelating van LZV's op het Nederlandse wegennet zullen deze gaan concurreren met het huidige vrachtautopark. Dat wil zeggen, met dat deel van het park dat op dit moment het grootst en/of het zwaarst mag zijn. Een lading die nu in een bestelauto wordt vervoerd, zal door de toelating van een grotere en/of zwaardere type voertuig namelijk niet plotseling per vrachtauto vervoerd worden.

De efficiencywinst (zowel economisch als milieutechnisch) die met de LZV's geboekt kan worden hangt af van de beladingsgraad die ze ten opzichte van conventionele voertuigen zullen halen. Daarom gaan we in deze paragraaf nader in op de wijze waarop de beladingsgraad van LZV's tot stand komt.

Tot dusverre is vaak verondersteld dat de beladingsgraad bij overgang van een conventionele naar een LZV's ongewijzigd zou blijven ten opzichte van het conventionele alternatief. Voorbeelden van een dergelijke benadering zijn een studie van NEA² en een recente publicatie van TLN³. Bij deze gedachtegang kunnen twee kanttekeningen worden geplaatst.

Ten eerste is het de vraag wat de beladingsgraad is van het conventionele vervoer dat vervangen zal worden door vervoer met LZV's.

² NEA, Verhoging maximale voertuiglengte voor combinatievoertuigen, Rijswijk, 1996.

³ Het vergelijken van appels met peren, TLN, Zoetermeer, oktober 1998 en herziene editie, maart 1999.

Ten tweede is het de vraag hoe vervolgens de beladingsgraad van de LZV zich verhoudt ten opzichte van die van dit conventionele alternatief.

2.2.1 De beladingsgraad van het conventionele alternatief

LZV's zullen niet voor *alle* binnenlandse ritten met conventionele grote en/of zware voertuigen een alternatief zijn (los van de vraag in hoeverre LZV's overal *mogen* rijden). Afhankelijk van type goed en type rit zal inzet van een LZV in plaats van een conventioneel groot en/of zwaar voertuig al dan niet aantrekkelijk zijn. Als de vervoerder voorziet dat een bijvoorbeeld een conventionele trekker/opleggercombinatie gedurende een bepaalde rit slechts gedeeltelijk beladen zal zijn, zal hij niet overwegen om een extra aanhanger achter deze combinatie te hangen.

Daarom zullen LZV's waarschijnlijk worden ingezet in plaats van 'voller dan gemiddelde' conventionele voertuigen. In het vervolg gaan we ervan uit dat de beladingsgraad van het oorspronkelijke 'conventionele' voertuig 10 procentpunt hoger is dan het gemiddelde.

2.2.2 De resulterende beladingsgraad van de LZV

De LZV's zullen rijden zolang hun tonkilometerprijs ten opzichte van het conventionele alternatief lager is. Bij gelijke beladingsgraad is de tonkilometerprijs van LZV's lager dan die van het conventionele alternatief. Dit wil dus zeggen dat vervoer met een LZV reeds bij een lagere beladingsgraad aantrekkelijk wordt ten opzichte van vervoer met een conventioneel voertuig. De **ondergrens** is de 'break even' beladingsgraad, de laagste beladingsgraad waarbij de LZV's nog kunnen rijden. Dit is de beladingsgraad waarbij de tonkilometerprijs van de LZV gelijk is aan die van conventioneel vervoer. Zakt de beladingsgraad daar onder, dan zal de verlader zijn vracht meegeven aan de vervoerder met een conventionele vrachtauto, of de vervoerder zet een conventionele vrachtauto in, in plaats van een LZV.

We kunnen stellen dat de **bovengrens** van de te verwachten beladingsgraad van de LZV gelijk is aan de beladingsgraad van de conventionele vrachtauto's. Er zijn immers geen transportsituaties voor te stellen waarin een hogere beladingsgraad voor de LZV economisch rationeel is. Het is in het belang van de vervoerder om ervoor te zorgen dat de beladingsgraad onder de gegeven randvoorwaarden zo hoog mogelijk. Aangezien deze randvoorwaarden niet wijzigen als gevolg van inzet van LZV's, kan worden aangenomen dat de beladingsgraad bij toepassing van LZV's in ieder geval niet hoger wordt, anders zou ook de conventionele vrachtauto beter zijn gevuld.

Er zullen echter wel situaties zijn waarin er niet genoeg vracht is om de LZV net zo goed te vullen als het conventionele voertuig. Dit is de bekende notie dat het, *ceteris paribus*, moeilijker is om een groot voertuig goed te vullen dan een klein.

De conclusie uit het bovenstaande is, dat LZV's voor succesvol opereren op de markt met een lagere beladingsgraad toe kunnen dan conventionele vrachtauto's. Daar komt bij dat grotere voertuigen gemiddeld moeilijker vol te krijgen zijn dan kleine.

Daardoor zal de beladingsgraad van de LZV's lager zal uitvallen dan die van het conventionele alternatief. Wel kan de beladingsgraad van de LZV's gemiddeld nog hoger zijn dan die van de gemiddelde conventionele vrachtauto's, omdat de LZV's in de plaats van goed beladen voertuigen zullen komen.

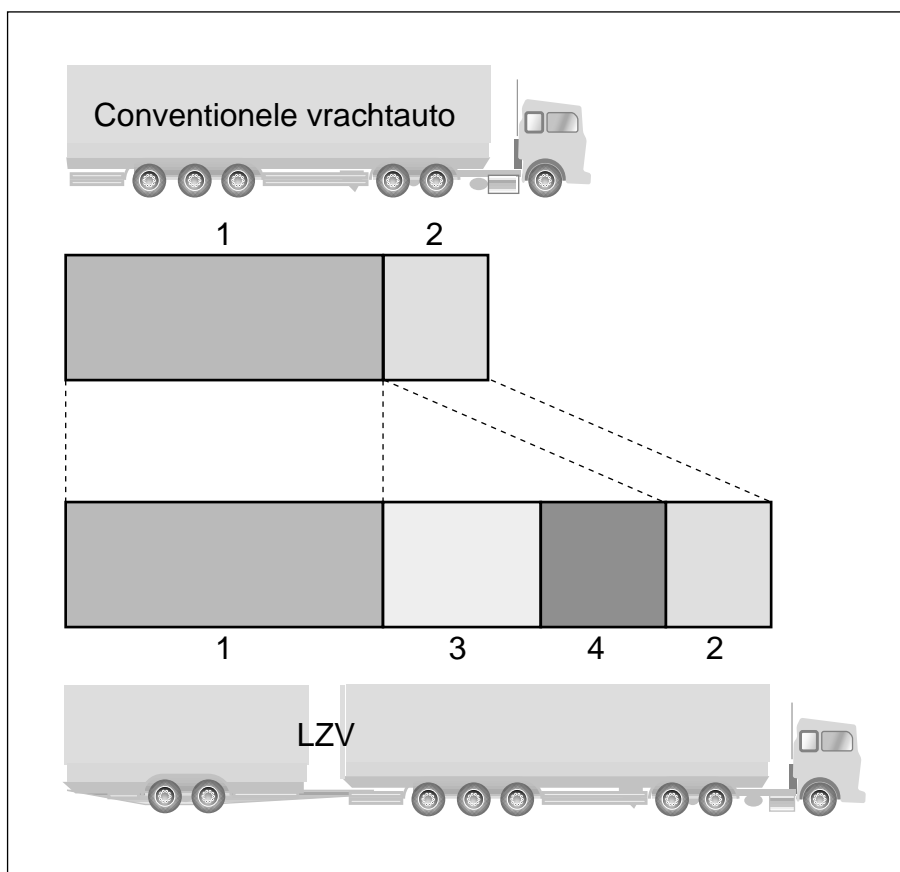


Het is nu de vraag hoeveel van de potentiële efficiencywinst door deze lagere beladingsgraad uiteindelijk ‘weglekt’ als gevolg van de lagere kosten. In een recente studie die NEI en CE hebben uitgevoerd naar prijselasticiteiten in het goederenwegvervoer [2] blijkt dat naar dit effect relatief weinig onderzoek is gedaan, maar dat een eerste inschatting hiervan 40% is⁴. Omdat LZV's gelede voertuigen zijn en daarom vrij flexibel inzetbaar, nemen we in dit geval een lagere schatting voor het ‘weglekeffect’ van 25%.

2.2.3 Beladingsgraad: rekenvoorbeeld

In deze paragraaf voeren we een berekening uit met fictieve cijfers om een inschatting te maken voor de beladingsgraad van een nieuwe LZV. Daartoe moeten we eerst kijken naar de inhoud van een concurrerend conventioneel type. Als de beladingsgraad van een conventionele vrachtauto 80% is bij een laadvermogen van 25 ton dan bedraagt de lading 20 ton. De overige 20% van de vervoerscapaciteit wordt dus niet gebruikt. Zie Figuur 3.

Figuur 3 Voorbeeld voor vergelijking van de beladingsgraad van een LZV en een conventionele grote vrachtauto



In bovenstaande figuur is:

- [1] de 20 tonnen vracht van het conventionele voertuig;
- [2] de 20% onbenutte ruimte;
- [3] de extra lading die nodig is om tegen dezelfde tonkilometerkosten te kunnen rijden;
- [4] het deel van de lading waarmee financieel voordelig kan worden gereden.

⁴ Verder geven Nederlandse studies naar de effecten van prijsbeleid in het personenvervoer [1c] aan dat ca 20% van prijsveranderingen wordt geabsorbeerd door veranderingen in de benutting.

Als de conventionele vrachtauto wordt vervangen door een groter type, zal deel 1 van de vracht dus sowieso worden overgezet. Maar aangezien de kilometerkosten van een grotere auto hoger zijn, zal er meer vracht nodig zijn om de grotere auto tegen dezelfde tonkilometerprijs te laten rijden. Dit extra deel van de vracht is in de figuur weergegeven met [3].

Aangezien de beladingsgraad van de LZV niet hoger zal worden dan 80%, zal ergens in [4] de beladingsgraad liggen waarmee de LZV gaat rijden. De ondergrens is de beladingsgraad waarbij de tonkilometerkosten gelijk zijn aan die van vervoer met een conventioneel voertuig, de bovengrens is de beladingsgraad zoals die met het conventionele type voertuig werd gehaald.

We werken deze gedachtegang met getallen nader uit. Stel een 40 tons vrachtauto kost € 1,00 per voertuigkilometer. Bij een beladingsgraad van 80% en een maximaal nuttig laadvermogen van 25 ton, neemt dit voertuig ($0,8 \cdot 25 =$) 20 ton lading mee. De prijs per tonkilometer is dan € $1/20 =$ € 0,05. Een 60 tons auto met een maximaal nuttig gewicht van 40 ton en een kostprijs van € 1,20 per kilometer zal een minimale vracht van $1,2/0,05 = 24$ ton moeten hebben om voor dezelfde tonkilometerprijs te kunnen rijden. De maximaal te verwachten belading van deze grotere voertuigen is 80% van 40 ton is 32 ton. De belading zal (voor dit voorbeeld) in de praktijk ergens tussen 24 ton (minimale economische randvoorwaarde) en 32 ton (maximaal te verwachten beladingsgraad) in liggen. In paragraaf 2.2.2 hebben we gezien dat naar verwachting ca 25% van de haalbare efficiencywinst niet zal worden gerealiseerd. We kunnen dan een gemiddelde belading van 30 ton verwachten. De gemiddelde beladingsgraad wordt dan 75%, de gemiddelde tonkilometerprijs € 0,04, de gemiddelde prijsdaling ca 20%.

In Tabel 1 wordt dit voor een aantal voorbeelden uitgewerkt (alle gewichten in tonnen en de prijzen in €):

Tabel 1 Afleiding verwachte beladingsgraad bij fictieve LZV's

GVW (ton)	leeggewicht	laadvermogen	transportprijs, €/km	lading minimaal	lading maximaal	lading verwacht	beladingsgr. verwacht
40	15,0	25,0	1,00	20	20	20	80%
50	17,5	32,5	1,10	22	26	25	77%
60	20,0	40,0	1,20	24	32	30	75%
70	22,5	47,5	1,30	26	38	35	74%

De genoemde te verwachten beladingsgraden zijn gemiddelden. Natuurlijk zullen er compleet volle auto's rond gaan rijden en ook wel eens een keer een lege. Maar over het algemeen zullen de voertuigen tussen het economisch minimum en het huidige maximum beladen zijn.

Overigens kan op precies dezelfde wijze ook een analyse naar beladingsgraad naar volume of naar vloeroppervlak worden opgezet. Zie de volgende paragraaf.

Wanneer we eenmaal over deze kentallen beschikken is het berekenen van het milieusaldo van vervoer met een LZV relatief eenvoudig. Zie het volgende hoofdstuk.

2.3 Beladingsgraad: tonnen, m³ (volume) of m² (laadvloeroppervlak)?

De vraag welk type LZV de meeste kans van slagen heeft in de markt hangt sterk af van het type goederen: de massa, het volume en de wijze waarop het goed in de vrachtauto wordt opgeslagen.

Bij massagoederen (grosfweg goederen met een soortelijke massa > 600 kg/m³) is de toegestane massa van het voertuig (50 ton, laadvermogen ca 33 ton) momenteel de beperking om meer mee te kunnen nemen. Deze voertuigen hebben dus weinig baat bij extra laadlengte, maar des te meer bij extra toegestaan tonnage.

Bij volumegoederen (goederen met soortelijke massa < 250 kg/m³) is de toegestane laadruimte van het voertuig (momenteel ca 110 m³) de voornaamste beperking om meer mee te kunnen nemen. Deze voertuigen hebben dus geen baat bij extra toegestaan tonnage, maar des te meer bij extra toegestane laadruimte. Een LZV van 25,25 en 50 ton toelaatbaar GVW voldoet uitstekend voor dergelijke transporten.

Bij de goederen met een dichtheid tussen 250 en 600 kg/m³ is er sprake van een grensgebied. In sommige gevallen zal alleen uitbreiding van de toegestane massa optimaal zijn, in andere gevallen een voertuig van 25,25 m met een toelaatbaar GVW van 50 ton, of 60 ton, of 70 ton. Hoe de balans precies uitvalt is niet goed te zeggen; dit hangt sterk af van de wijze waarop de vrachtauto wordt beladen. In veel gevallen zal de vrachtauto niet tot de nok toe worden gevuld maar bijvoorbeeld tot 1,5 m hoogte. In deze gevallen kan het laadvloeroppervlak de beperkende factor zijn om meer goederen mee te kunnen nemen.

Door al deze overwegingen is het moeilijk om precies aan te geven waar de grenzen van soortelijke massa's van de te vervoeren goederen liggen. De keuze is gemaakt volgens Tabel 2.

Tabel 2 Maximale soortelijke massa's van goederen die met LZV's zouden worden vervoerd

GVW (maximaal toelaatbare massa) van LZV	soortelijke massa maximaal
50 ton	400 kg/m ³
60 ton	500 kg/m ³
70 ton	600 kg/m ³

2.4 De concurrentie met andere vervoerwijzen

Een cruciaal punt in de discussie omtrent het toelaten van LZV's op de Nederlandse wegen is dat ze een potentiële bedreiging vormen voor intermodaal vervoer, en daarmee mogelijk tot meer milieubelasting zouden leiden. In dit punt komen twee complexe vragen samen:

- zijn LZV's inderdaad een bedreiging voor intermodaal vervoer? en zo ja,
- wat zijn de milieu-effecten van verschuiving van vracht van intermodaal vervoer naar LZV's?

In deze paragraaf gaan we verder in op de eerste vraag. In hoofdstuk 3 gaan we nader in op de tweede vraag.

Niet alle lading die getransporteerd moet worden, is onderhevig aan de concurrentie tussen de verschillende modaliteiten. Veel ertstransporten bijvoorbeeld zullen altijd per trein of per binnenschip vervoerd worden. Aan de andere kant is er ook veel vervoer, met name van lichte, hoogwaardige goede-

ren over korte afstand, dat alleen over de weg plaatsvindt. Tussen deze twee uitersten zit echter ook vracht die zowel per vrachtauto als per trein of binnenvaartschip vervoerd kan worden.

Het toelaten van LZV's kan op deze markten de concurrentieverhouding tussen de modaliteiten veranderen. Feitelijk is de enige concurrentievoorwaarde die verandert bij inzet van LZV's de prijs van het wegvervoer. In de vorige paragraaf is besproken hoe een waarschijnlijke beladingsgraad en prijsdaling per tonkilometer in het wegvervoer kan worden afgeleid.

Om een antwoord te vinden op de vraag hoeveel vracht er in aanmerking komt om per LZV in plaats van intermodaal vervoerd te worden, hoeft er dan ook alleen te worden gekeken naar de prijsgevoeligheid van het intermodale vervoer. Voor de beantwoording van deze vraag is gebouwd op de resultaten van de studie 'Prijselasticiteiten in het goederenwegvervoer' [2j] die CE en NEI recentelijk hebben afgerond. In dit project is de gevoeligheid van het binnenlandse intermodale vervoer voor prijsveranderingen in het wegvervoer uitgebreid, via modelberekeningen, een enquête via literatuurstudie, onderzocht.

2.5 Extra markt door kostprijsverlaging

Een derde mogelijke vervoersmarkt voor LZV's is nieuw gegenereerde vracht (een zogenaamd 'volume-effect'). In paragraaf 2.2 is beschreven op welke wijze de LZV's tot een verlaging van transportkosten kunnen leiden. Omdat een goedkoper aanbod tot meer vraag leidt zullen lagere vervoerkosten (op termijn) leiden tot een hoger vervoersvolume. De relatie kan worden beschreven met een zogenaamde prijselasticiteit (niet te verwarren met de kruiselasticiteit uit de vorige paragraaf). De prijselasticiteit is het quotiënt van een volumeverandering van vervoer en de prijsverandering van dit vervoer en is negatief.

Het extra gegenereerde vervoer kan de milieuwinst door de verhoogde transportefficiency gedeeltelijk teniet doen. Daarom is het belangrijk om een indicatie te hebben van de omvang van dit 'reboundeffect'. Een precieze schatting zal niet mogelijk zijn omdat we niet genoeg kennis hebben over prijselasticiteiten voor het wegvervoer binnen de Nederlandse landsgrenzen. Daarom is het reboundeffect niet precies gekwantificeerd, maar is een orde-grootte van dit effect aangegeven.

3 Opzet van de milieuvergelijking

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk beschrijven we de wijze waarop we de milieuvergelijking tussen conventionele vrachtauto, LZV's en intermodaal vervoer zullen opzetten.

Bij elke vergelijkende studie moeten er grenzen worden aangegeven over welke aspecten er wél en welke er niet meegenomen worden in de studie. Hiervoor moet er een systeemgrens worden gedefinieerd. De systeemgrens geeft aan met welke gevolgen van de verandering allemaal rekening gehouden moet worden, bij de berekening van het eindresultaat. Of concreter: de systeemgrens geeft aan welke gevolgen van het toelaten van LZV's allemaal moeten worden meegenomen in de berekening van de totale milieubalans.

Gedeeltelijk hangt de systeemgrens af van het niveau waarop de vergelijking plaatsvindt: van het niveau van een enkele vracht tot het niveau van een geheel verkeerssysteem inclusief infrastructuur. Dit is de kwestie van het werken met **marginale** en **gemiddelde** emissies; deze wordt behandeld in paragraaf 3.2.

Anderzijds moeten er ook normatieve keuzen worden gemaakt: welke effecten zijn belangrijk en welke niet? Deze keuzen worden aangegeven in paragraaf 3.3.

Ten slotte is van belang op welke vervoersprocessen de milieuvergelijking betrekking heeft. Dit wordt behandeld in paragraaf 3.4.

3.2 Niveau van de vergelijking

Bepalend voor het niveau waarop een vergelijking dient plaats te vinden is het beleidsniveau van de betreffende studie. Hieronder worden aan de hand van een voorbeeld over een groeiende goederenstroom verschillende mogelijke vergelijkingsniveaus beschreven.

Op het laagste vergelijkingsniveau gaat het bijvoorbeeld om een verlader die wil weten of hij een pallet goederen over de weg of intermodaal wil laten vervoeren. Deze goederen worden toegevoegd aan de al bestaande stroom, die (bijvoorbeeld) per container werden vervoerd. Als deze extra vracht nog in dezelfde container kan worden vervoerd, zal alleen de beladingsgraad van de containers toenemen. De systeemgrens van de invloed van de extra vracht ligt dan op die van de emissies van het voertuig die de container vervoert.

Als het extra transport echter zo veel is dat het niet meer in dezelfde container erbij past, zullen er extra containers ingezet moeten worden. Hiermee verschuift de systeemgrens, omdat er voor die extra containers extra vrachtauto's of extra wagons aan de trein nodig zijn.

Nog een stap verder is er een extra trein of een extra schip nodig om het transport te verwezenlijken. De systeemgrens ligt in deze gevallen op de emissies van het voertuigpark.

De laatste stap van schaalvergroting ontstaat als de bestaande infrastructuur niet meer voldoet om de gewenste vracht te vervoeren. Er is dan meer

infrastructuur nodig. Dit kan gaan om een extra weg, een extra spoor of een extra elektriciteitscentrale. In dit geval komt de systeemgrens te liggen op het totale directe en indirecte energiegebruik dat aan het transport kan worden toegeschreven.

Samengevat zijn er de volgende grenzen:

- 1 op ladingniveau (extra tonnen/passagiers in hetzelfde voertuig);
- 2 op voertuigniveau:
 - a extra wagon aan trein/extra container op schip/extra vrachtauto;
 - b extra trein/extra schip/tientallen extra vrachtauto's;
- 3 op infrastructuurniveau: extra rails/vaarwegen/autowegen/ (elektriciteitscentrales).

De systeemgrens moet zo worden gekozen dat de belangrijkste effecten worden meegenomen. Daarbij moet er op worden gelet dat de grens voor de verschillende modaliteiten gelijk is. Dit houdt in dat als er voor één modaliteit naar de energie-opwekking wordt gekeken, dat het dan voor de andere modaliteiten ook moet gebeuren.

Voor dit onderzoek wordt de grens gelegd op het niveau van 2b, uit de hierboven staande opsomming. Het gaat om verschuiving van vracht tussen en binnen verschillende modaliteiten. Hierbij is wel te verwachten dat de aantallen auto's, treinen en schepen zullen veranderen, maar dat dit niet in zulke grote mate gebeurt dat er veranderingen nodig zijn in de hoeveelheid infrastructuur.

Er wordt dus wel gekeken naar de marginale veranderingen die teweeg worden gebracht door meer of minder vrachtauto's, treinen of schepen, maar er wordt geen rekening gehouden met meer of minder vraag naar infrastructuur.

In het bovenstaande is eigenlijk in een notendop besproken in welke gevallen met *marginale* en in welke gevallen met *gemiddelde* emissies gerekend kan worden. Er is geen consensus over dit punt. Sommigen zeggen dat in principe altijd met gemiddelde emissies gewerkt moet worden. Zij zeggen dit vanuit de gedachte dat er altijd ergens op één punt een grote beslissing wordt genomen (opzet van een shuttledienst, aanleg van infrastructuur, bouw van een elektriciteitscentrale) en dat iedere beslissing op microniveau uiteindelijk evenredig zijn steentje bijdraagt aan de beslissing op macroniveau. Wij volgen hier deze aanpak niet omdat zij binnen het kader van dit project niet kan worden ingepast.

3.3 Normatieve keuzen

Naast de hierboven beschreven keuzen voor het niveau van de vergelijking bevat iedere milieuvergelijking ook normatieve keuzen over welke milieueffecten wel en niet worden meegenomen.

3.3.1 Stoffen

Zoals ook al eerder aangegeven beperken we ons in deze studie tot de emissies van CO₂ en NO_x. Weliswaar is ook de uitstoot van PM₁₀ (deeltjes) belangrijk, maar in deze studie gaat het vooral om het binnenlands vervoer over de snelweg. Deeltjes vormen vooral een probleem in steden.



De emissie van koolwaterstoffen (HC en koolmonoxide (CO) is bij het goederenvervoer geen dominant probleem. De emissie van deze stoffen komt voornamelijk op het conto van benzine-auto's.

Ten slotte zal de emissie van zwaveldioxide (SO₂) van het goederenvervoer over land in 2005 geen noemenswaardige bijdrage meer leveren aan de verzuring als gevolg van de aanneming van een Europese Richtlijn over de kwaliteit van benzine en diesel⁵. Momenteel is het aandeel van het goederenwegvervoer > 3,5 ton in de Nederlandse SO₂-emissie nog ca 2% (Milieubalans).

3.3.2 Zichtjaar

Veranderingen gaan vrijwel nooit schoksgewijs. Het is dan ook niet te verwachten dat als LZV's worden toegelaten op het Nederlandse wegennet er onmiddellijk duizenden van rond zullen rijden. Ombouw van bestaande vrachtauto's en vervanging zal enige tijd in beslag nemen. Het zichtjaar is van invloed op het aantal LZV's dat rond zal rijden en dientengevolge ook voor het totale milieu-effect van deze voertuigen.

Het zichtjaar is niet alleen van invloed op de verandering die de LZV's zullen veroorzaken, maar ook op de veranderingen van de andere modaliteiten. Zo worden ook de elektriciteitscentrales steeds schoner en ook de binnenvaart staat niet stil (denk aan de groter wordende binnenvaartschepen). Hoe verder het zichtjaar naar voren wordt geschoven, hoe onduidelijker de invloed van allerlei autonome ontwikkelingen wordt.

Voor deze studie zal worden gewerkt met het zichtjaar 2005. Dit is ver genoeg vooruit om de LZV's een eigen positie op de markt in te laten nemen en dicht genoeg bij om nog een redelijk betrouwbaar beeld te kunnen schetsen over de andere ontwikkelingen.

3.3.3 Life cycle aspecten

We stellen hier voor om alleen emissies als gevolg van raffinage en verbranding van de fossiele brandstoffen mee te nemen. Dit betekent dat aspecten als productie, onderhoud en sloop van vervoermiddelen niet worden meegenomen. De reden voor deze keuze is dat uit diverse studies blijkt dat dit ook in de toekomst de belangrijkste milieuparameters in het goederenvervoer zijn.

3.4 Keuzen vervoersproces

Op het gebied van vervoerprocessen moeten keuzen gemaakt worden over vervoersafstanden, goederensoorten en in- en uitrijden bij intermodaal vervoer.

3.4.1 Afstand

LZV's zullen worden ingezet in het binnenlandse vervoer. De vervoersafstanden zijn hier beperkt. Op zich is de vervoersafstand geen goede parameter om in milieuvergelijkingen mee te variëren omdat emissies, ceteris paribus, rechtstreeks afhangen van de vervoersafstand. Echter het is plausi-

⁵ Richtlijn 98/70/EG van het Europees Parlement en de Raad betreffende de kwaliteit van benzine en van dieselbrandstof en tot wijziging van Richtlijn 93/12 van de Raad, Luxemburg, 13 oktober 1998

bel dat op korte afstanden de 'omweg' van intermodaal vervoer groter zal zijn en het 'uitrijden' met vrachtauto's een relatief groter aandeel in de totale transportketen zal hebben. Daarom is in de milieuvergelijkingen uitgegaan van één transportafstand (150 km), en is toegelicht wat de effecten zijn van meer uitrijden en een grotere omweg op de resultaten van de vergelijking. Overigens is de gekozen 150 km ongeveer het dubbele van de gemiddelde vervoersafstand in het binnenlands goederenwegvervoer. We hebben toch voor deze afstand gekozen omdat LZV's vooral op de wat langere afstanden economisch aantrekkelijk zijn en omdat de concurrentie met intermodaal vervoer, waar het in de milieuvergelijking om draait, zich voornamelijk op de wat langere afstanden afspeelt.

3.4.2 Dichtheid goederen

We kiezen goederen met twee verschillende soortelijke dichtheden. De dichtheden zijn niet willekeurig gekozen, maar bestrijken het gehele mogelijke werkgebied van LZV's van 50 tot 70 ton.

Het lichte goed heeft een dichtheid van 200 kg/m^3 . Dit betekent dat een 50 tons LZV precies gevuld kan worden (ca 32 ton laadvermogen, ca 145-150 m^3 laadruimte). Bij inzet van een conventionele vrachtauto stuit men hier dus op volumebeperkingen.

Het zware goed heeft een dichtheid van 400 kg/m^3 . Dit betekent dat een 50 tons conventionele trekker (ca 34 ton laadvermogen, ca 90 m^3 laadruimte) precies tegen massabeperkingen aanloopt.



4 Milieu-effecten op ritniveau

4.1 Inleiding

Om een uitspraak te kunnen doen over de gevolgen van het toelaten van LZV's op het Nederlandse wegennet, wordt in dit hoofdstuk een aantal representatieve transporten doorgerekend. Deze transporten zijn opgebouwd uit een aantal deeltrajecten die met verschillende modaliteiten kunnen worden afgelegd. Bijvoorbeeld een transportstroom van goederen die eerst met een vrachtauto naar het spoor wordt gebracht, dan per spoor wordt vervoerd om vervolgens per vrachtauto weer naar de eindbestemming te worden gereden. Deze keten bestaat dan uit twee verschillende modaliteiten.

Om deze berekeningen uit te kunnen voeren, moeten er eerst modaliteiten worden samengesteld, om vervolgens met behulp van deze modaliteiten deeltrajecten en hele ketens door te rekenen. In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de samenstelling en de doorrekening van de verschillende modaliteiten, het opstellen van deeltrajecten en het doorrekenen van hele transportketens.

4.2 Uitgangspunten voor de 'base case'

In deze studie zetten we de milieu-effecten van vervoer van goederen van LZV's af tegen de milieu-effecten van vervoer met conventionele vrachtauto's, vervoer met treinen en vervoer met binnenschepen.

Binnen deze vier voer- en vaartuigcategorieën kunnen de milieu-effecten van een groot aantal 'cases' worden bestudeerd. De cases kunnen worden gekarakteriseerd aan de hand van:

- laadvermogen van de vrachtauto's, schepen en treinen;
- de soortelijke massa van het te vervoeren goed;
- in geval van trein: type tractie (diesel of elektrisch);
- milieuprestaties van de (diesel)motoren en elektriciteitscentrales;
- de beladingsgraden;
- bij intermodaal vervoer: type rit (omwegfactor, evt. voor- en natransport);
- (verloop van) vervoersnelheden en wegtypen.

De uitgangspunten voor de 'base case' berekeningen zijn hieronder opgesomd.

Goederensoort

Qua goederensoort is in de base case gekozen voor vervoer van goederen met een vrij lage soortelijke massa, namelijk 400 kg/m^3 (gelet op de NSTR-klasse-indeling). Omdat vervoer van dergelijke lichte goederen in het geval van trein en binnenvaart vaak in de vorm van containers wordt afgehandeld hebben we dit bij de treinen en binnenschepen vertaald in vervoer van containers met een gemiddelde massa van 10 ton per TEU.

We hebben gekozen voor relatief lichte goederen omdat uitbreiding van de laadlengte van vrachtauto's immers vooral voor het vervoer van deze goederen interessant is. In het vervoer van zware goederen loopt het wegvervoer niet tegen een gebrek aan laadruimte aan omdat hier de toegestane massa maatgevend is.

Voertuig: afmetingen en laadvermogens

Bij het wegvervoer is als uitgangspunt genomen een conventionele vrachtauto met een toelaatbaar totaalgewicht van 50 ton en LZV's met laadvermogens van 50, 60 en 70 ton. Voor de treinen is gewerkt met 30 wagons (ruim 400 meter lengte). Voor de binnenvaart is gerekend met een Europaschip, een schip van 85 m lang en een laadvermogen van 90 TEU.

Milieuprestaties motoren

De vrachtauto's zijn voorzien van Euro 3-motoren (4,5 g NO_x-emissie per kWh), omdat de Euro 3-eisen vanaf 2001 verplicht worden voor nieuwe vrachtauto's. Bij de binnenvaart is gerekend met een NO_x-emissie van 9 g per kWh, hetgeen ongeveer overeenkomt met de emissie-eisen die naar verwachting omstreeks 2002 van kracht worden voor nieuwe motoren die in de Rijnvaart worden ingezet. Bij elektrische locomotieven is gerekend met de 1,5 kV_{dc} tractievorm. Bij diesel-elektrische locomotieven is gerekend met een NO_x-emissie van 11 g/kWh, lager dan het momentele gemiddelde van de in Nederland gebruikte locomotieven, anticiperend op een lichte autonome daling. Voor deze locomotieven zijn nog geen emissie-eisen in de maak.

Beladingsgraad

Qua beladingsgraad hebben we aan de hand van CBS-cijfers voor vervoer van goederen met deze dichtheid vastgesteld dat bij vrachtauto/aanhangwagencombinaties en trekker/opleggercombinaties in het binnenlands vervoer zowel de beladingsgraad naar massa als die voor afstand van deze categorie goederen ca 70% bedraagt (totale benuttingsgraad naar tonnage 49%). De beladingsgraad voor de LZV's wordt bepaald aan de hand van de methode als beschreven in hoofdstuk 2 is uitgelegd met welke beladingsgraden de LZV's gaan rijden. De hoogste beladingsgraad is daarbij gelijk verondersteld aan die van de conventionele vrachtauto en de laagste aan die waarbij er tegen een gelijke prijs per vrachtkilometer kan worden gereden. In paragraaf 2.2.2 is afgeleid dat naar verwachting ca ¾ deel van de potentiële efficiencywinst daadwerkelijk zal worden benut, waardoor de te verwachten beladingsgraad gelijk is aan ¼ * de minimale beladingsgraad + ¾ * de maximale. Zie voor nadere uitleg de paragrafen 2.2.2 en 2.2.3 en Tabel 1 op bladzijden 10-11.

Voor binnenvaart en spoor is er relatief weinig bekend over de benuttingsgraden in het containervervoer. Voor beiden is een benuttingsgraad naar **beladen containers** van 55% aangehouden. Het vervoer van lege containers is niet geanalyseerd, omdat lege containers meestal geen aanleiding zijn tot een transportopdracht maar en passant worden 'meegenomen'. Dit wordt ook weerspiegeld in de transportprijs van lege containers. Deze is veel lager dan die van volle, terwijl het fysieke transport vrijwel gelijk is.

Trajecten, voor- en natransport, overslag

Zoals reeds aangegeven in paragraaf 3.4.1 is uitgegaan van een vervoerstraject met een afstand van 150 km.

Bij wegvervoer wordt van punt tot punt vervoerd. De eerste en laatste 5 kilometer worden op het onderliggend wegennet gereden, de overige 140 op het hoofdwegennet.

Bij spoor en binnenvaart is geen omwegfactor verondersteld. Wel is bij beide nog voor- of natransport met de vrachtauto over een lengte van 20 km verondersteld. Verder geschiedt het voor- en natransport bij het intermodaal vervoer met dezelfde soort vrachtauto (grootte en milieuklasse) als de vrachtauto die wordt gebruikt in het wegvervoer waarmee wordt vergeleken. Verder wordt het voor- en natransport wordt volledig op het onderliggend

wegennet afgelegd. Ten slotte gaat de overslag gaat gepaard met 0,5 kg CO₂, 3,2 gr. NO_x en 8 MJ per ton overgeslagen goederen⁶. De aannemen in de vervoersprocessen zijn samengevat in Tabel 3.

Tabel 3 Overzicht van uitgangspunten bij de geanalyseerde vervoersprocessen bij het wegvervoer en het intermodale vervoer

	wegvervoer	intermodaal vervoer
hoofdtransport		
totale afstand	150 km	150 km
ww. hoofdwegennet	140 km	nvt
ww. onderliggend wegennet	10 km	nvt
trucktype	type X	
voor- of natransport		
totale lengte	nvt	20 km
ww. hoofdwegennet	nvt	0 km
ww. onderliggend wegennet	nvt	20 km
trucktype	nvt	type X
overslag	nvt	ja

4.3 Gevoeligheidsanalyses

Voor **alle vervoerwijzen** is een gevoeligheidsanalyse verricht voor het geval zeer lichte goederen (soortelijke massa 200 kg/m³) worden getransporteerd. De milieu-effecten van dit vervoer zijn belangrijk voor het geval de maximale massa van de LZV beperkt blijft tot 50 ton. Bij beperking van de massalimiet voor LZV's op 50 of 60 ton in plaats van 70 ton zal de markt voor LZV's tot lichtere goederen beperkt blijven en dit kan zowel economische als milieu-technische consequenties hebben.

Bij de **vrachtauto** en de LZV zijn gevoeligheidsanalyses verricht op de milieuklasse van de motor. Inmiddels staat immers vrijwel vast (zie bijlage E) dat de emissie-eisen voor nieuwe vrachtautomotoren met ingang van 2006 en 2008 opnieuw worden aangescherpt. Gerekend is met 'Euro 5'-eisen die vanaf 2008 van kracht zullen worden.

Bij de **trein** is een gevoeligheidsanalyse verricht voor de snelheid waarmee wordt gereden (100 in plaats van 80 km/u), omdat de snelheid in hoge mate de emissies bepaalt.

Bij de **binnenschepen** is een gevoeligheidsanalyse gemaakt voor het geval met een groter schip wordt gevaren, namelijk een Rijnschip met een lengte van 110 m en een laadvermogen van 208 TEU. Dit om rekening te houden met de toenemende schaalgrootte van de binnenvaart.

Er is geen gevoeligheidsanalyse uitgevoerd voor afstanden, omdat emissies in principe lineair toenemen met vervoersafstanden.

Tabel 4 geeft een overzicht van de invoerwaarden in de 'base case' en in de gevoeligheidsanalyses.

⁶ Integratieproject Milieu en Economie in de Transportsector, Op weg naar schoner transport, CE/TLN 1995, bijlagen.

Tabel 4 Overzicht van aannamen in de 'base case' waarop gevoeligheidsanalyses zijn uitgevoerd

	'base case'	gevoeligheidsanalyse
dichtheid goederen	400 kg/m ³	200 kg/m ³
milieuklasse vrachtautomotor	Euro 3	Euro 5
snelheid trein	80 km/u	100 km/u
grootte binnenschip	Europaschip (85 m)	Rijnschip (110 m)

4.4 Samenvattende tabellen

De invoergegevens in de 'base case' en in de gevoeligheidsanalyses zijn samengevat in Tabel 5 t/m Tabel 7. Overigens wijken de gehanteerde waarden af van de waarden die in het rekenvoorbeeld in Tabel 1 zijn gebruikt.

Tabel 5 Invoerwaarden voor vrachtauto's en LZV's in 2005

grootheid	base case, 400 kg/m ³		gevoel.analyse, 200 kg/m ³	
	va 50 ton	LZV 70 ton	va 40 ton	LZV 50 ton
leeggewicht (ton)	17,5	24	15,0	20,0
max. lading (ton)	32,5	46	25,0	30,0
GVW (ton)	50	70	40	50
laadvolume (m ³)	90	140	100	150
kosten per voertuigkilometer ()	1,12	1,33	1,10	1,30
beladingsgraad afstand (%)	70%	70%	85%	85%
beladingsgraad massa (%)	70%	67%	50%	60%
gem. lading beladen ritten (ton)	22,8	30,8	12,5	18,0
beladingsgraad volume (%)	63%	55%	63%	60%
motorvermogen (kW)	310	370	280	320
NO _x -emissie (g/kWh) ^a	base case	4,5	4,5	4,5
	gevoel.analyse	2,0	2,0	2,0
luchtweerstandcoëfficiënt	0,79	0,89	0,79	0,89
rolweerstandcoëfficiënt (*10 ⁻³)	5,6	5,6	5,6	5,6
snelheid op hoofdwegennet	87	87	87	87
snelheid op onderliggend wegennet	40	40	40	40

Tabel 6 Invoerwaarden voor binnenschepen in 2005

grootheid	base case: Europaschip		gevoel.analyse: Rijnschip	
lengte (m)	85		110	
breedte (m)	9,5		11,4	
diepgang (m)	3,0		3,6	
laadvermogen (ton)	1.500		2.900	
laadvermogen (TEU)	90		208	
motorvermogen (kW)	660		1.320	
NO _x -emissie (g/kWh)	9		9	
benuttingsgraad (% TEU)	55%		55%	
benutting (TEU)	50		114	
benutting (ton)	495		1.144	
benuttingsgraad (% ton)	40%		40%	
	bergvaart	dalvaart	bergvaart	dalvaart
ingezet motorvermogen (% van max. vermogen)	60%	30%	60%	30%
snelheid bij gegeven motorver- mogen en lading (km/u)	11	20	10	18

Tabel 7 Invoerwaarden voor treinen in 2005

grootheid			
aantal wagons	30		
lengte per wagon (m)	14,8		
treinlengte (m)	444		
leeggewicht per wagon (ton)	11		
totaal leeggewicht excl. loco- motief	330		
massa locomotief (ton)	90		
totaal leeggewicht incl. loco- motief	420		
laadvermogen per wagon (ton)	29		
totaal laadvermogen (ton)	870		
luchtweerstandcoëfficiënt	57		
rolweerstandcoëfficiënt	0,002		
aantal TEU	0,55*60=33		
aantal ton	33*10 = 330		
benuttingsgraad (% TEU)	33/60 = 55%		
benuttingsgraad (% ton)	330/870 = 38%		
snelheid (km/u)	base case		80
	gevoel.analyse		100
	elektrisch 1,5 kV _{dc}	elektrisch 25 kV _{ac}	diesel-elektrisch
voorstuwingsrendement prim. energie tot wielband	35,9	38,7	29,8
CO ₂ -emissie	680 g/kWh (dieselmotor)	570 g/kWh (elektr.centrales)	570 g/kWh (elektr.centrales)
NO _x -emissie	0,5 g/kWh (elektr.centrales)	0,5 g/kWh (elektr.centrales)	9 g/kWh (dieselmotor)

4.5 Weging en waardering van emissies: milieukosten

In dit project nemen we slechts de emissies van CO₂ en NO_x als gevolg van transport in beschouwing. Voor een heldere presentatie van de milieuprestaties is het zinvol deze emissies op te tellen tot één milieukental.

Voor het realiseren van een dergelijke optelling kunnen verschillende methoden worden gebruikt. Het voert te ver om hier een uitgebreide beschrijving van mogelijke methoden op te nemen. We nemen hier de methode die in de CE-studie 'Efficiënte prijzen voor het verkeer; raming van de maatschappelijke kosten van het gebruik van verschillende vervoermiddelen' (1999) is toegepast. Deze methode waardeert de verschillende emissies tegen zogenoemde 'schaduw prijzen', die zijn gebaseerd op de marginale preventiekosten voor het halen van een door de overheid vastgesteld emissiereductiedoel. Op deze wijze zijn financiële waarderingen (zogenoemde *schaduw prijzen*) voor de emissies van CO₂ en NO_x vastgesteld van € 50 per ton resp. € 5,0 per kg. Hierbij kunnen we de kanttekening plaatsen dat de marginale preventiekosten, en daarmee de schaduw prijs, in het geval van CO₂ onzekerder zijn dan bij NO_x omdat de invulling van de reductiedoelstellingen voor CO₂ onzekerder is dan die voor NO_x. Het voert voor dit onderzoek echter te ver om een gevoeligheidsanalyse te maken voor andere waarderingen van de CO₂-emissie⁷.

4.6 De kostprijsverlaging

Niet alleen de milieu-efficiency van het transport neemt toe door de vergroting van de voertuigen, maar ook de economische. Per rit kan er meer vracht worden meegenomen, waardoor de kosten over meer lading kan worden verdeeld.

Door het meenemen van meer lading kan de transportprijs per tonkm dalen. In Tabel 8 is dit uitgewerkt voor de in dit hoofdstuk beschouwde conventionele vrachtauto's en LZV's.

⁷ Om de gedachten te bepalen: bij deze waardering van CO₂ en NO_x zijn bij Euro 2- en Euro 3-motoren van vrachtauto's de milieukosten als gevolg van CO₂ ongeveer even hoog als die van de NO_x-emissie. Bij 'vuilere' motoren domineert NO_x, bij 'schonere' CO₂.



Tabel 8 De beladingsgraad en kostprijs van het goederenvervoer over de weg bij toepassing van verschillende voertuigconcepten.

vrachtauto		soortelijke massa 400 kg/m ³	soortelijke massa 200 kg/m ³
conventionele vrachtauto			
GVW (ton)		50	40
laadvermogen (ton)		32,5	25
laadvolume (m ³)		90	100
prijs in € per voertuigkm		1,12	1,10
beladingsgraad momenteel	naar massa	70%	50%
	naar volume	63%	63%
beladingsgraad beperkt door		toegestane massa	toegestaan volume
kostprijs	€/ct/tonkm	4,9	8,8
	€/ct/m ³ km	2,0	1,8
Langere en Zwaardere Vrachtauto (LZV)			
GVW (ton)		70	50
laadvermogen (ton)		46	30
laadvolume (m ³)		140	150
kostprijs (€/voertuigkm)		1,33	1,30
beladingsgraad hoog	naar massa	70%	63%
	naar volume	63%	63%
beladingsgraad laag	naar massa	59%	49%
	naar volume	48%	49%
beladingsgraad verwacht	naar massa	67%	60%
	naar volume	55%	60%
kostprijs	€/ct/tonkm	4,3	7,2
	€/ct/m ³ km	1,7	1,4
kostprijzdaling (%)		12%	18%

4.7 Emissieberekeningen

Aan de hand van de specificaties van de verschillende voertuigen uit de vorige paragraaf, kunnen het brandstofgebruik en de emissies worden uitgerekend. Hiervoor worden rekenmodellen gebruikt die bottom-up (dat wil zeggen: uitgaande van de fysieke eigenschappen van de transportmiddelen, zoals rol- en luchtweerstand) de energievraag van voertuig uitrekenen en daar de emissies aan koppelen.

Voor de berekening van het brandstofgebruik en de emissies van het wegverkeer wordt gebruik gemaakt van een aangepaste versie van CLEAR, een rekenmodel dat CE heeft ontwikkeld in het kader van de studie 'Hoe schoon is het Nederlandse vrachtwagenpark?' uit 1997 [2c]. In bijlagen C.2 en D staat een uitgebreide beschrijving van dit model.

Bij de berekening van de milieu-effecten van het spoor en de binnenvaart wordt ook gebruik gemaakt van spreadsheets. De werking van deze modellen is beschreven in bijlage C. Omdat de treinen en binnenschepen waar mee wordt gerekend zijn samengesteld op basis van de gemiddelde benuttingsgraden van deze modaliteiten, hoeft er geen correctie voor de 'lege' kilometers te worden toegepast.

Aangezien het energiegebruik van een binnenschip verschilt tussen stroomop- en stroomafvaart, is er voor de berekeningen een binnenschip gedefinieerd dat het gemiddelde is van een stroomop- en een stroomafwaarts varend schip.

4.8 Beschrijving van de resultaten

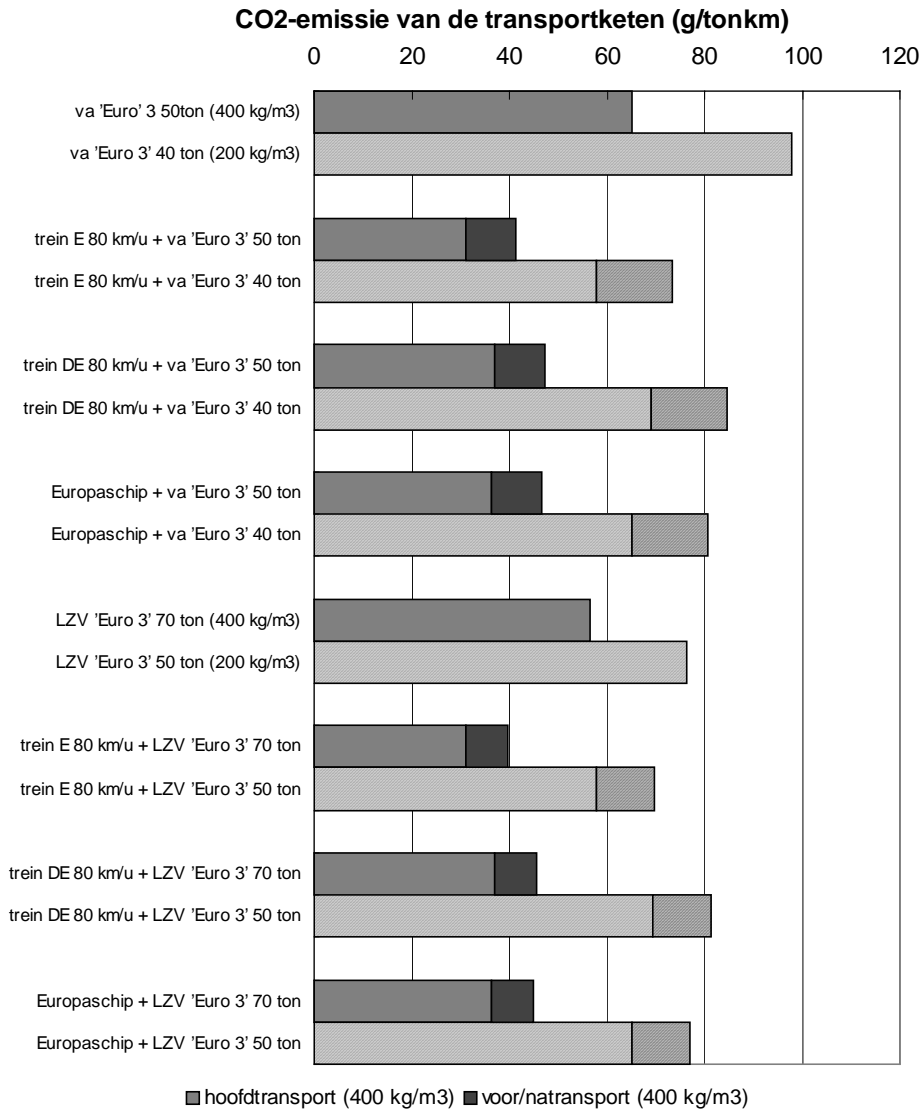
In Figuur 4 t/m Figuur 8 zijn de emissies en milieukosten als gevolg van transport met de verschillende voertuigen weergegeven. Figuur 2 en Figuur 5 presenteren de CO₂- en NO_x-emissies per tonkilometer van de verschillende transportketens. De resultaten zijn weergegeven voor de 'base case' (goederen met een soortelijke massa van 400 kg/m³) en voor het geval zeer lichte goederen (soortelijke massa 200 kg/m³) worden getransporteerd. In Figuur 6 zijn de emissies geaggregeerd tot milieukosten. Figuur 7 geeft de gevoeligheid van de rekenresultaten weer voor de situatie dat vrachtauto's zijn voorzien van motoren die voldoen aan de 'Euro 5'-eisen, die naar verwachting vanaf het jaar 2008 voor nieuwe motoren van kracht zullen worden. Figuur 8 geeft de gevoeligheid van de resultaten weer voor de situatie dat treinen met een kruissnelheid van 100 in plaats van 80 km/u zullen rijden, en dat een groter binnenschip (Rijnschip in plaats van Europaschip) wordt gebruikt.

We wijzen erop dat de gepresenteerde vergelijkingen van emissies en milieukosten niet kunnen worden geïnterpreteerd als een universeel geldende vergelijking tussen modaliteiten. De vergelijking is immers toegesneden op die markten die beïnvloed worden door een mogelijke toelating van LZV's, dus met name de markten voor binnenlands vervoer van relatief lichte goederen. Voor andere markten (internationaal, zwaardere goederen) kan de vergelijking anders uitpakken.

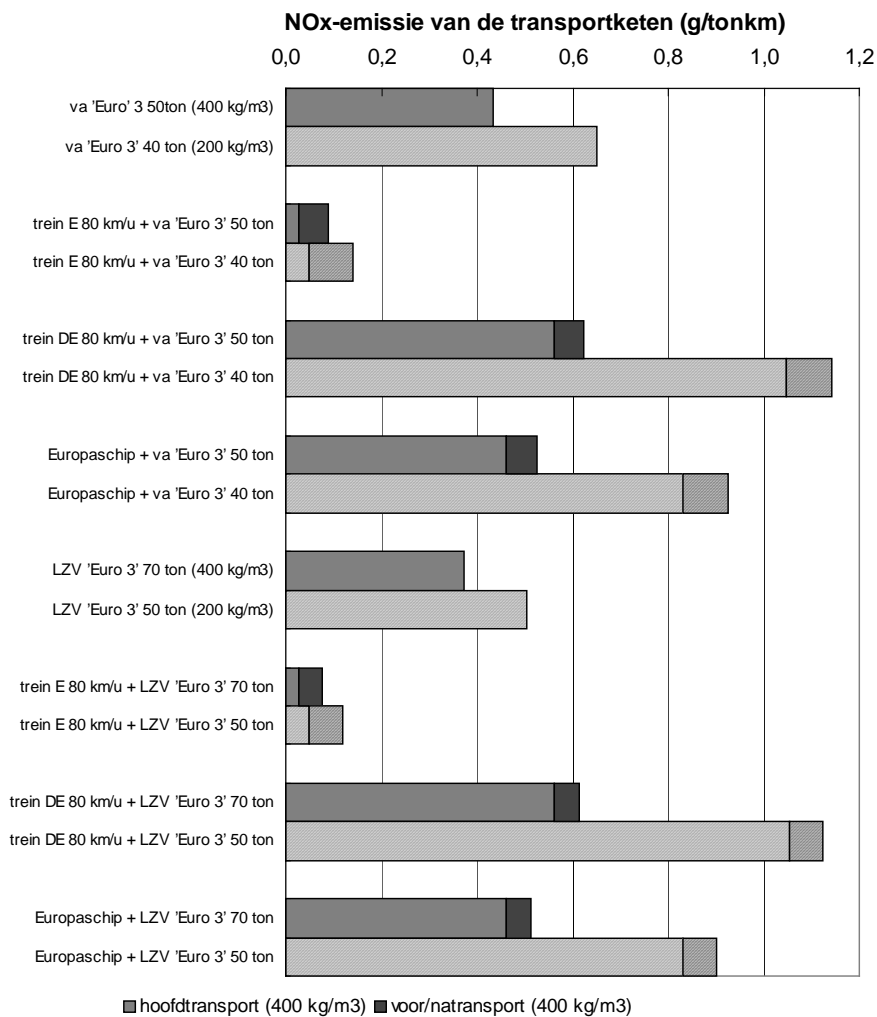
Verder moet er bij de interpretatie van de figuren rekening mee worden gehouden dat de cijfers over de 'schoonheid' van de ketens nog geen uitsluitend geven over de totale milieugevolgen van inzet van de LZV's. Er kunnen pas uitspraken over de milieugevolgen op nationale schaal worden gedaan, als ook de prijs- en kruiselasticiteiten van het aantrekken en verschuiven van vracht zijn verwerkt. Zie het volgende hoofdstuk.



Figuur 4 CO₂-emissie als gevolg van transport in de 'base case' (goederen met soortelijke massa 400 kg/m³) en in het geval van zeer lichte goederen (200 kg/m³, gearceerd), vervoersafstand 150 km



Figuur 5 NO_x-emissie als gevolg van transport in de 'base case' (goederen met soortelijke massa 400 kg/m³) en in het geval van zeer lichte goederen (200 kg/m³, gearceerd), vervoersafstand 50 km

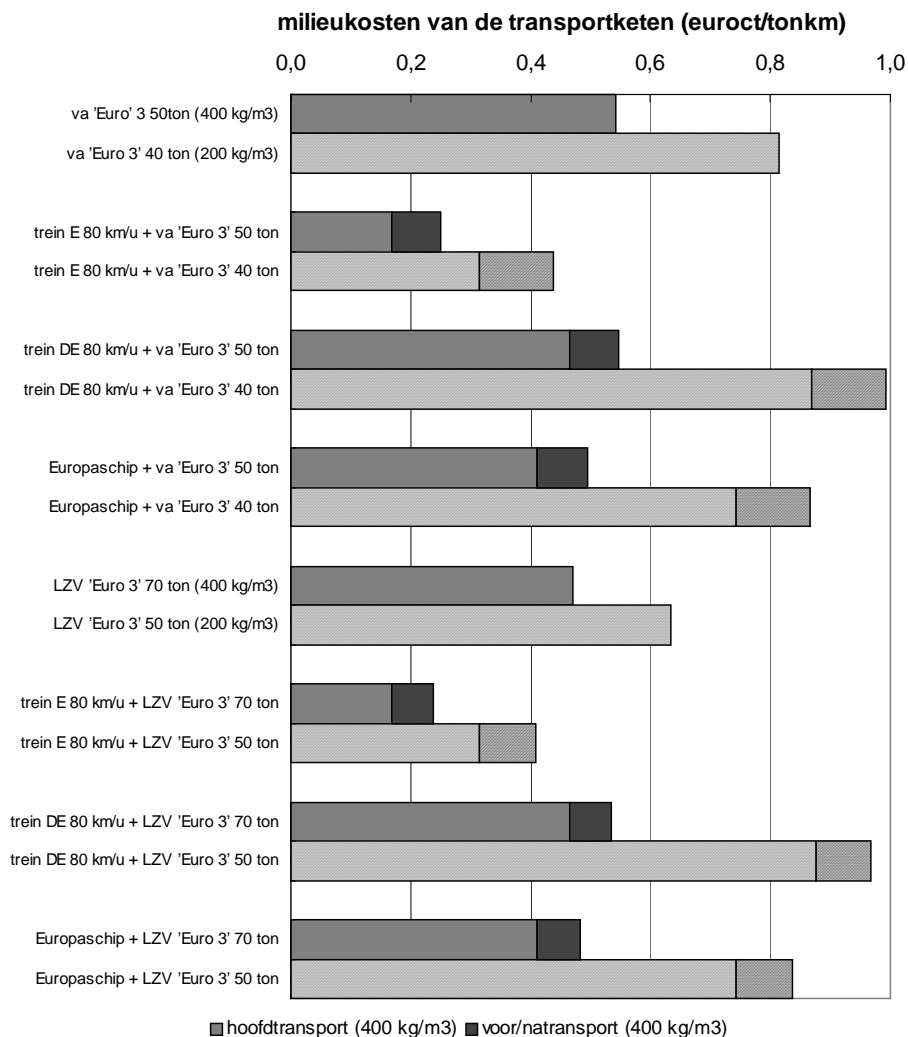


In de 'base case' zien we dat langere en/of zwaardere vrachtauto's per ton-kilometer tot 10-15% lagere emissies leiden dan de conventionele vrachtauto's.

Bij de gehanteerde beladingsgraden leidt intermodaal vervoer tot ca 25% lagere CO₂-emissies dan conventioneel wegvervoer en tot 10-15% lagere CO₂-emissies dan LZV's.

Bij de NO_x-emissie zijn de verschillen veel groter. Elektrisch (trein)vervoer scoort hier zeer goed doordat de uitlaatgassen van elektriciteitscentrales schoner zijn dan die van dieselmotoren. De binnenvaart en het diesel-elektrische spoorvervoer scoren daarentegen zeer hoog omdat de dieselmotoren die er gebruikt worden relatief vuil zijn. De vrachtauto, met zijn 'Euro 3'-motor, zit er ongeveer tussenin.

Figuur 6 Milieukosten als gevolg van transport in de 'base case' (goederen met soortelijke massa 400 kg/m³) en in het geval van zeer lichte goederen (200 kg/m³, gearceerd), vervoersafstand 150 km



Wanneer we de CO₂- en NO_x-emissie 'optellen' tot milieukosten blijkt dat het wegvervoer met 'Euro 3'-motoren ongeveer even goed scoort als diesel-elektrisch treinverkeer en binnenvaart. De elektrische trein scoort (bij 80 km/u) ongeveer 50% beter.

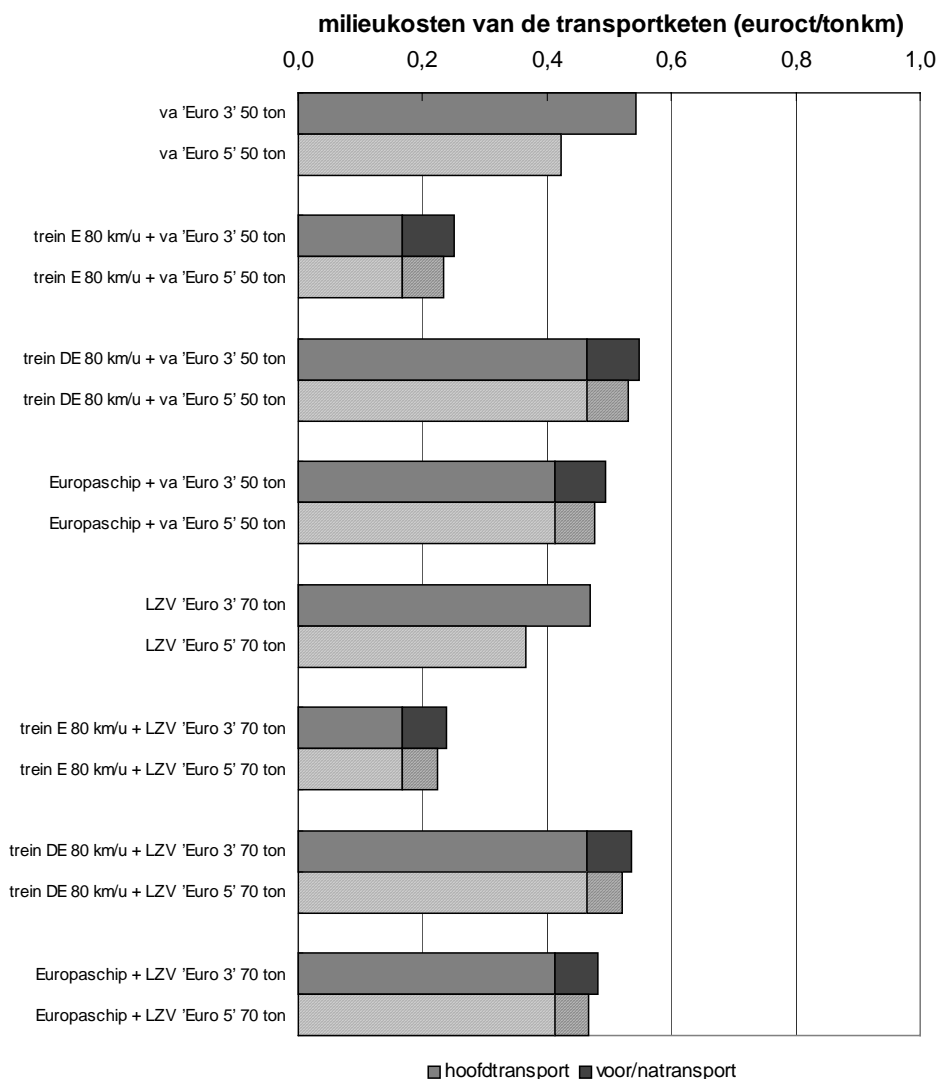
Het vervoer van de zeer lichte goederen leidt tot duidelijk hogere milieukosten per tonkm dan het vervoer van de zwaardere goederen. Hieruit kan echter niet worden geconcludeerd dat vervoer van zeer lichte goederen 'slechter' is voor het milieu. Het verschil wordt veroorzaakt doordat de milieukosten worden aangegeven per tonkilometer. Zou deze worden uitgedrukt in m³km, dan zou juist het vervoer van zeer lichte goederen juist beter scoren.

Opvallend is dat bij het vervoer van zeer lichte goederen (200 i.p.v. 400 kg/m³) de resultaten veranderen in het voordeel van het wegvervoer. Bij vervoer van deze goederen zijn er nauwelijks meer verschillen in CO₂-emissie van wegvervoer en intermodaal vervoer. Wegvervoer scoort bij deze

goederen beter dan diesel-elektrisch treinvervoer en binnenvaart, terwijl het voordeel van elektrisch spoorvervoer afneemt.

Verder valt op dat LZV's vooral bij deze zeer lichte goederen relatief goed scoren. Vervoer van zeer lichte goederen per LZV leidt tot 20-25% lagere emissies per tonkilometer dan per conventionele vrachtauto (in plaats van 10-15% bij de zwaardere goederen).

Figuur 7 Milieukosten als gevolg van transport in de 'base case' (soortelijke massa goederen 400 kg/m³, vrachtauto's en LZV's met 'Euro 3'-motoren) en in het geval ze zijn voorzien van 'Euro 5'-motoren (milieu-eisen vanaf 2008, gearceerd), vervoersafstand 150 km

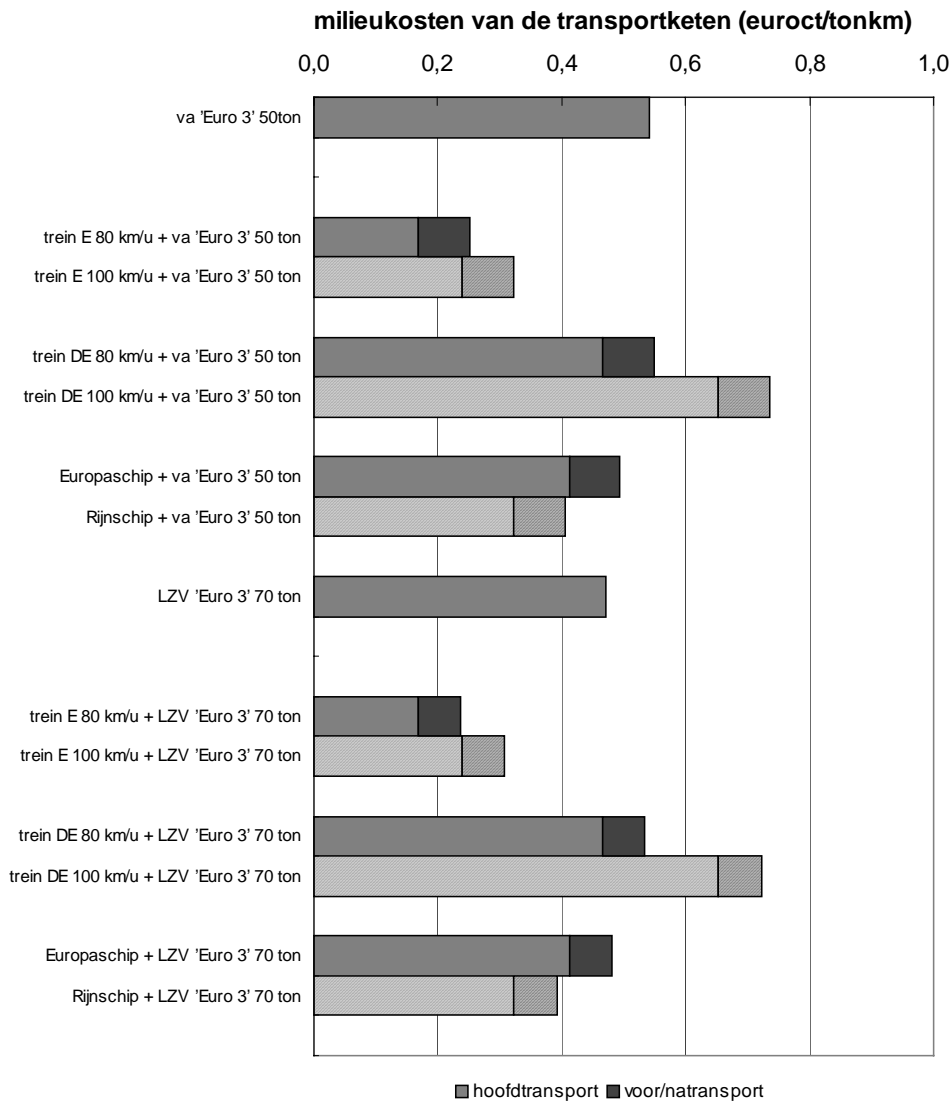


Wanneer de vrachtauto's zijn voorzien van motoren die voldoen aan de 'Euro 5'-eisen⁸ werkt dit positief uit op de relatieve milieuprestatie van het wegvervoer, ongeveer op dezelfde manier als hierboven beschreven voor het geval dat zeer lichte goederen worden vervoerd. Conventionele vrachtauto's en LZV's scoren dan beter dan dieseltreinen en binnenvaart, terwijl de achterstand ten opzichte van elektrisch treinvervoer wordt verkleind.

⁸ Naar verwachting een representatieve situatie voor het jaar 2015. Immers de 'Euro 5'-eisen worden pas vanaf 2008 verplicht voor nieuwe motoren.

We tekenen hierbij wel aan dat ook binnenschepen en de dieseltreinen van deze 'schone' technologie kunnen worden voorzien, alleen ligt bij deze vervoermiddelen (met name bij de dieseltreinen) de beleidsontwikkeling achter en duurt het veel langer voordat een flink deel van de 'vloot' met de nieuwe technologie is uitgerust.

Figuur 8 Milieukosten als gevolg van transport in de 'base case' (soortelijke massa goederen 400 kg/m³ treinen 80 km/u, Europa-schepen) en in het geval de treinen 100 km/u rijden en met Rijnschepen wordt gevaren (gearceerd)



We zien dat een hogere kruissnelheid van het treinvervoer leidt tot een substantiële toename van de emissies. Vervoer per dieselelektrische trein leidt nu tot de hoogste milieukosten van de vervoerwijzen, terwijl de voorsprong van de elektrische trein afneemt. Aanvullende analyse wijst uit dat bij vervoer van zeer lichte goederen (200 kg/m³) de milieukosten van elektrisch treinvervoer met 100 km/u boven die van LZV's uitkomen. Vervoer per Rijnschip leidt tot ca 20% lagere milieukosten per tonkm dan vervoer per Europaschip.

Reeds in het begin van de vorige paragraaf hebben we ervoor gewaarschuwd dat de in dit hoofdstuk gepresenteerde berekeningsresultaten niet mogen worden geïnterpreteerd als breed geldende waarheden over de milieu-effecten van de drie vervoerwijzen. Het betreft namelijk de resultaten van cases die specifiek voor dit project zijn gedefinieerd. Met name merken we op dat de beschouwde goederen relatief licht zijn (200-400 kg/m³, terwijl bulkgoederen vaak zwaarder dan 1.000 kg/m³ zijn) en de gehanteerde tijds-horizon (2005) relatief kort is. Ook zijn slechts de emissies van CO₂ en NO_x beschouwd in de vergelijkingen. Ten slotte is een aanzienlijk aantal aanvullende aannamen gedaan.

Daarom geven we in deze paragraaf een wat nadere beschouwing van de waarde van de berekeningen die in dit hoofdstuk zijn uitgevoerd.

In het algemeen kunnen we stellen dat de *technische* invoerparameters in de rekenmodellen (rendementen, rol- en luchtweerstand, leeggewichten, emissiefactoren per eenheid verstoekte energie) tamelijk goed bekend zijn. Deze parameters vormen ons inziens geen bottleneck in de vergelijking tussen vervoermiddelen en vervoerwijzen.

De onzekerheid is voornamelijk gelegen in logistieke en menselijke factoren in de vergelijkingen, zoals beladingsgraden, (incl. leegrijden), feitelijke snelheden en ritpatronen, omwegfactoren en het voor- en natransport. Ook het in de vergelijking aangenomen technologieniveau speelt een zeer grote rol, zeker in het licht van het verschil in implementatiesnelheden van nieuwe technologie (in het wegvervoer korter dan bij spoor en binnenvaart).

Een eerste punt dat ons inziens voor grote onzekerheden zorgt zijn de feitelijke **beladingsgraden** in relatie tot de transportprocessen. In het wegvervoer zijn de beladingsgraden in het *geregistreerde vervoer* vrij goed bekend. Het is echter ook bekend dat het (op basis van voertuigenquêtes) *werkelijk gereden* aantal kilometers in het binnenlands vervoer ongeveer 40% hoger ligt dan het (in de vervoerstatistieken) *geregistreerde* aantal voertuigkilometers. Het is niet bekend wat er in de ongeregistreerde kilometers gebeurt. In de binnenvaart speelt een soortgelijke situatie. In het geval van spoorvervoer geldt dat de registratie van beladingsgraden en leegrijden *in zijn geheel* zeer gefragmenteerd en incompleet is, waardoor de voor deze modaliteit gehanteerde beladingsgraden in hoge mate onbetrouwbaar zijn.

Snelheden spelen ook een cruciale rol in de milieuvergelijkingen. In het wegvervoer zijn kruissnelheden zeer goed bekend, maar in binnenvaart en spoor ontbreekt betrouwbare informatie. Juist bij deze modaliteiten loopt het energiegebruik met toenemende snelheden zeer sterk op. In de binnenvaart geldt dat toevoeging van de laatste tientallen procenten motorvermogen weinig meer toevoegt aan snelheid, waardoor het vaargedrag een zeer belangrijke factor in het energiegebruik is. Bij treinen geldt dat kinetische- en luchtweerstandsenergie zodanig snel toenemen met de snelheid dat voor het milieu lage kruissnelheden welhaast een must zijn.

Soorten goederen

We hebben gezien dat bij vervoer van zeer lichte goederen de relatieve milieuscore van wegvervoer ten opzichte van intermodaal vervoer veel beter is dan bij het vervoer van zwaardere goederen. Trein en schip zijn goed toegepast voor het vervoer van zware goederen, wegvervoer, en in het bijzonder de LZV, meer voor het vervoer van lichte goederen. Door de toegestane massa van LZV's niet hoger te laten zijn dan 50 ton wordt de markt voor LZV's beperkt tot deze lichte goederen.

Technologieniveau

Verder hebben we gezien dat het al dan niet monteren van 'schone' motoren een groot verschil in milieukosten maakt, niet alleen in het wegvervoer, maar vooral ook bij dieseltreinen en binnenschepen. Bij de laatste twee vervoerwijzen speelt NO_x momenteel een zeer belangrijke rol in de milieukosten.

Samenvattend

De exercities leren dat de onzekerheden in uitgangspunten en aannamen van een zodanige orde grootte zijn dat onvoorwaardelijke uitspraken over de 'schoonste' en 'vuilste' modaliteit (op basis van CO₂ en NO_x) ons inziens niet verantwoord kunnen worden. De vraag met welke modaliteit goederen worden vervoerd is voor de uitstoot van CO₂ en NO_x minder relevant dan de vraag hoe iedere modaliteit zélf presteert (schone of vuile motoren? snel of minder snel?) goed of slecht beladen? diesel of elektrisch?

Wel kan ex ante worden gezegd dat spoor en binnenvaart *relatief* beter scoren bij zware goederen en wegvervoer (in het bijzonder LZV's) *relatief* beter bij lichte.

4.10 Conclusies: milieu-effecten op microniveau

De conclusies op microniveau kunnen als volgt worden samengevat:

- De allereerste conclusie is dat de milieu-effecten⁹ van de geselecteerde transporten sterker afhangen van de specifieke randvoorwaarden waaronder wordt vergeleken dan van de keuze van de vervoerwijze. Anders gezegd: voor de uitstoot van CO₂ en NO_x is de vraag met welke modaliteit de goederen worden vervoerd minder relevant dan de vraag hoe iedere modaliteit zélf presteert (schone of vuile motoren? snel of minder snel?) goed of slecht beladen? diesel of elektrisch? De mogelijke variatie die kan worden verkregen door andere uitgangspunten en beleidsmatige randvoorwaarden is ons inziens te groot om onvoorwaardelijke uitspraken te doen over de 'schoonste' of de 'vuilste' vervoerwijze.
- Wel kan een aantal voorwaardelijke uitspraken worden gedaan: *Elektrisch* intermodaal spoorvervoer scoort op CO₂ en NO_x het best van de drie modaliteiten onder voorwaarden dat er niet te snel (onder de 100 km/u) en zonder veel stops wordt gereden, de beladingsgraad niet teveel lager is dan bij het wegvervoer en er geen excessief voor- en/of natransport plaatsvindt. Hiermee vergeleken scoort *dieselelektrisch* intermodaal spoorvervoer slecht. In de 'base case' leidt het tot milieukosten die vergelijkbaar zijn met conventioneel wegvervoer en hoger dan LZV's. Intermodaal vervoer per binnenschip leidt tot milieukosten als gevolg van CO₂- en NO_x-emissies die in dezelfde orde van grootte liggen als bij wegvervoer en LZV's. Dit resultaat is opgebouwd uit een wat betere score op het gebied van CO₂ en een wat slechtere score op het gebied van NO_x. De relatieve score van intermodaal vervoer per binnenschip binnenvaart hangt vooral af van de vaarsnelheid, de soort goederen (relatief ongunstig bij de beschouwde lichte goederen), de scheepsgrootte en het aandeel voor- en natransport.
- Door inzet van LZV's kan de relatieve milieuscore (per tonkm) van het wegvervoer flink worden verbeterd. De relatieve verbetering (reductie van milieukosten per tonkm) is bij zeer lichte goederen het grootst, 20-25%, en bedraagt bij goederen met een dichtheid van 400 kg/m³ ca 10-15%. Dit betekent dat het aantal gevallen waarin wegvervoer beter

⁹ Hierbij zijn de 'milieu-effecten' overigens ingeperkt tot CO₂ en NO_x. Andere emissies, ruimtebeslag en geluid zijn niet meegenomen.

scoort dan spoor of binnenvaart bij toepassing van LZV's groter is dan bij toepassing van conventionele vrachtauto's. Algemeen geldende uitspraken zijn echter ook bij toepassing van LZV's nog steeds niet mogelijk.

- Een belangrijk gegeven is dat de relatieve milieuscore van wegvervoer gunstiger wordt naarmate de goederen lichter worden. De technische karakteristieken van treinen en vooral schepen maken ze vooral geschikt voor het vervoer van relatief zware goederen, terwijl vrachtauto's, en dus in het bijzonder LZV's, relatief goed zijn geoutilleerd voor het vervoer van lichte goederen.
- Ook het benodigde voor- en/of natransport bij intermodaal vervoer speelt een belangrijke rol in de milieuvergelijking. Naarmate dit een substantiëler deel van de transportketen uit gaat maken, wordt de milieuscore van intermodaal vervoer slechter. Met name op korte afstanden kan voor- en/of natransport al snel een substantieel deel van de transportketen zijn.
- Ten slotte kunnen binnenvaart en diesel-elektrisch spoorvervoer hun milieukosten effectief en relatief eenvoudig reduceren door 'schone' motoren te gebruiken.



5 Milieu-effecten op macroniveau

5.1 Inleiding

In het vorige hoofdstuk zijn de milieu-effecten van toelating van LZV's in Nederland op voertuig- en transportketenniveau vastgesteld. In dit hoofdstuk gebruiken we de resultaten van deze analyses om de effecten op macroniveau vast te stellen. Deze analyse gebeurt in drie stappen.

De eerste stap is het vaststellen van het 'initiële' effect: uitgaande van de bestaande modal split en de bestaande goederenstromen wordt vastgesteld hoeveel vervoer met conventionele vrachtauto's zal 'overstappen' op LZV's en wat het milieu-effect van deze overstap zal zijn. Deze analyse kan kwantitatief tamelijk ver worden uitgewerkt en is beschreven in de paragrafen 5.2 en 5.3.

De tweede stap is het vaststellen van de effecten van invoering van LZV's op het volume intermodale vervoer en het milieu-effect van deze verandering in volume. Deze stap is beschreven in paragraaf 5.4.

De derde stap is de analyse van het 'rebound'-effect: de milieu-effecten van het extra vervoersvolume dat mogelijk wordt gegenereerd als gevolg van de daling van de transportkosten van het wegvervoer. Deze stap is beschreven in paragraaf 5.5.

Voor het gesaldeerde milieu-effect moeten de resultaten van de drie stappen ten slotte worden geanalyseerd en gesommeerd. Dit gebeurt in paragraaf 5.6.

5.2 Goederenstromen

De analyse van effecten op macroniveau is gebaseerd op de goederenstromen zoals deze in 1997 in het Nederlandse binnenlandse vervoer zijn gerealiseerd. Een samenvatting van de gegevens staat in Tabel 9.

Tabel 9 Binnenlands goederenvervoer tot 100 en over de 100 kilometer over weg (in combinaties), spoor en water in 1997 naar NSTR-hoofdstuk, in miljoenen tonkm

vervoersafstand		< 100 km			> 100 km		
no	kg/m ³ (indicatie)	weg	spoor	water	weg	spoor	water
0	500	1.072	0	33	2.271	0	117
1	300	1.661	11	238	3.353	26	463
2	600	20	0	120	53	1	349
3	800	272	0	384	322	42	860
4	1.500	71	0	11	105	0	65
5	2.500	181	0	9	615	2	87
6	1.500	1.394	0	1.526	1.996	0	2.992
7	1.000	227	0	20	416	19	233
8	1.200	346	27	66	1.080	197	316
9	300	1.744	40	127	5.105	450	263
totaal		6.989	78	2.534	15.317	736	5.746
als % van aantal tonkm in dit marktsegment van alle vervoerwijzen ¹		73%	1%	26%	70%	3%	27%
als % van aantal tonkm op NL bodem per vervoerwijze ²		17%	3%	9%	37%	24%	20%
als % van aantal tonkm op NL bodem van alle vervoerwijzen ³		9,5%	0,1%	3,5%	20,9%	1,0%	7,8%

¹ Het gaat hier om de aandelen die het binnenlands vervoer (bij het wegvervoer alleen in combinaties) in afstanden tot 100 en boven 100 km per vervoerwijze heeft in de totale vervoersprestatie die *door alle vervoerwijzen in dit marktsegment* wordt geleverd.

² Het gaat hier om de aandelen die het binnenlands vervoer (bij het wegvervoer alleen in combinaties) in afstanden tot 100 en boven 100 km per vervoerwijze heeft in de totale vervoersprestatie die *iedere vervoerwijze op Nederlands grondgebied* levert.

³ Het gaat hier om de aandelen die het binnenlands vervoer (bij het wegvervoer alleen in combinaties) in afstanden tot 100 en boven 100 km per vervoerwijze heeft in de totale vervoersprestatie die *alle vervoerwijzen samen op Nederlands grondgebied* leveren.

Uit de bovenstaande tabel zijn de volgende conclusies te trekken:

- 25% tot 30% van het spoorvervoer en binnenvaart op Nederlandse bodem wordt in het binnenlandse vervoer afgewikkeld. Anders gezegd: circa driekwart van de Nederlandse markt voor spoorvervoer en binnenvaart is ongevoelig voor introductie van LZV's in het binnenlandse vervoer;
- ruim 70% van het binnenlandse vervoer per spoor of over het water gaat over afstanden boven de 100 km. Het spoorvervoer over afstanden onder de 100 km is zeer gering van omvang; de binnenvaart heeft op deze korte afstanden wel een flink aandeel;

- het grootste deel van het binnenlandse spoorvervoer en (vooral) binnenvaart is vervoer van zware goederen. Deze markt is dus niet erg gevoelig voor veranderingen in de *maatvoering* van vrachtauto's. maar wel voor een verhoging van alleen de toegestane *massa* van vrachtauto's. Hoewel binnenvaart veel omvangrijker is dan het spoorvervoer, vervoeren ze beide ongeveer evenveel lichtere goederen (stukgoed).

5.3 Initiële effecten: reductie voertuigkm en emissies

In deze paragraaf worden de initiële effecten van algehele toelating van LZV's in Nederland vastgesteld. De analyse is opgedeeld in de volgende stappen:

- eerst wordt in § 5.3.1 het potentieel voor substitutie door LZV's vastgesteld;
- vervolgens wordt in § 5.3.2 bepaald welk deel van dit potentieel daadwerkelijk door LZV's zal worden overgenomen;
- dan wordt in § 5.3.3 de reductie in voertuigkm per eenheid overgeheveldde vracht vastgesteld;
- dan wordt in § 5.3.4 de initiële reductie van emissies per eenheid van overgeheveld vracht vastgesteld;
- ten slotte worden in § 5.3.5 de reducties in voertuigkilometer en emissies getotaliseerd over heel Nederland.

5.3.1 Potentieel voor substitutie naar LZV's

Het potentieel voor goederenstromen dat door LZV's van conventionele vrachtauto's kan worden overgenomen wordt bepaald door de in 2005 verwachte goederenstromen. Deze stromen zijn gebaseerd op CBS-cijfers voor het binnenlands goederenvervoer in het jaar 1997. De karakteristiek van de goederenstromen bepaalt het potentieel.

Reeds in paragraaf 2.3 is beargumenteerd dat voor LZV's met een maximaal toelaatbare massa van 50, 60 resp. 70 ton de maximale soortelijke massa van de mee te nemen goederen 400, 500 resp. 600 kg/m³ zal bedragen. Daarom beschouwen we als potentieel voor vervoer met LZV's:

- 50 ton: het vervoer met vrachtauto/aanhangwagen- en trekker/opleggercombinaties van goederen met een soortelijke massa tot 400 kg/m³;
- 60 ton: het vervoer met vrachtauto/aanhangwagen- en trekker/opleggercombinaties van goederen met een soortelijke massa tot 500 kg/m³;
- 70 ton: het vervoer met vrachtauto/aanhangwagen- en trekker/opleggercombinaties van goederen met een soortelijke massa tot 600 kg/m³.

5.3.2 Benutting van substitutie-potentieel

Reeds in paragraaf 2.2.1 is beargumenteerd dat *niet iedere* rit met een conventioneel 'groot' of 'zwaar' voertuig zal worden vervangen door een rit met een LZV. De inzet van een LZV zal vooral worden overwogen in situaties dat het conventionele voertuig tegen beperkingen aanloopt. Zo geeft een NEA-onderzoek [9a] aan dat (slechts) ongeveer de helft van de volumevervoerders een overstap naar LZV's zou overwegen voor meer dan de helft van

hun wagenpark, mits de voertuigen ook internationaal zouden worden toegelaten¹⁰.

Vervoerders kunnen LZV's zo selectief inzetten omdat het een modulair concept is. Op het moment dat de vraag naar lading aanwezig is kan een aanhanger worden gekoppeld, als dit niet zo is kan met het gewone voertuig worden gereden.

Ten eerste wordt in deze studie aangenomen dat alleen het huidige vervoer in combinaties in aanmerking zal komen voor eventuele vervanging door LZV's.

Een tweede belangrijke factor die bepaalt of inzet van een LZV aantrekkelijk is, is de *ritafstand*. Ten eerste zullen LZV's vooral op lange ritten tot kostenbesparingen kunnen leiden (op korte ritten zijn de kosten van in- uit- en overladen dominant). Ten tweede zal het, bij algehele toelating van LZV's op het hoofdwegennet en selectieve toelating daarbuiten, bij lange ritten vaker wettelijk mogelijk zijn om het transport te verrichten omdat de lange ritten zich voor een groot deel op het hoofdwegennet afspelen).

Ten derde is ook de *goederensoort*, en met name de soortelijke massa, belangrijk voor de kans dat inzet van een LZV aantrekkelijk is. Hoe lichter het goed, hoe eerder men bij inzet van een conventioneel voertuig tegen de volumebeperking van de huidige vrachtauto's aanloopt.

Op basis van deze drie overwegingen hebben we een matrix opgesteld voor de kans dat een bepaald transport overgenomen wordt door een LZV. Zie Tabel 10.

Tabel 10 Inschatting van de kans dat het momenteel met combinaties verrichte binnenlandse vervoer door LZV's zal worden overgenomen in het geval van een toelaatbare massa van 50, 60 resp. 70 ton, afhankelijk van goederensoort en vervoersafstand

max GVW van LZV	dichtheid goederen, kg/ m ³	aangenomen benutting potentieel bij vervoersafstand		
		< 50 km	50-100 km	> 100 km
50 ton	<= 300	25%	50%	75%
	301-400	20%	40%	60%
60 ton	<= 300	30%	60%	90%
	301-400	25%	50%	75%
	401-500	20%	40%	60%
70 ton	<= 300	35%	65%	90%
	301-400	30%	60%	80%
	401-500	25%	50%	70%
	501-600	20%	40%	60%

Toelichting op het hokje rechtsonder (60%):

aangenomen is dat bij toelating van LZV's met een maximaal toegestaan tonnage van 70 ton 60% van de tonkilometers die momenteel door combinaties in het binnenlandse vervoer over de 100 km worden vervoerd zou worden overgenomen door LZV's.

5.3.3 Reductie van voertuigkilometers, per eenheid vracht

De te behalen efficiencywinst (initiële reductie van voertuigkilometers, zonder terugkoppelingseffecten) hangt af van het soort goed en de maximaal toegestane tonnage. In het vorige hoofdstuk is voor twee gevallen deze effi-

¹⁰ Hierbij moet wel worden aangetekend dat het gaat om stated in plaats van revealed preference en dat het in dit geval ging om 24 m.-concepten, die technisch anders van opbouw zijn. In deze studie gaat het om het modulaire 25,25 m.-concept.



ciencywinst afgeleid: een goed van 200 kg/m³ en een LZV met GVW 50 ton, en een goed van 400 kg/m³ en een GVW van 70 ton. Op basis van deze efficiencywinsten (reducties in kilometers van 31 resp. 26%) is Tabel 11 afgeleid.

Tabel 11 Reductie van aantal voertuigkilometers (combinaties) bij inzet van LZV's (alleen initiële effecten, zonder terugkoppelingen)

soort goed	GVW 50 ton	GVW 60 ton	GVW 70 ton
<= 300 kg/m ³	30%	30%	30%
301-400 kg/m ³	20%	25%	27%
401-500 kg/m ³	nvt	20%	24%
501-600 kg/m ³	nvt	nvt	20%

Toelichting:

Wanneer er goederen < 300 kg/m³ (zeer lichte goederen) worden vervoerd, kan een LZV ca 30% efficiencywinst in het vervoer opleveren ongeacht de toegestane tonnage, omdat het laadvolume bij dit soort goederen maatgevend is. Naarmate de goederen zwaarder worden, wordt de haalbare efficiencywinst kleiner, het eerst in de gevallen dat de toegestane tonnage op 50 gehouden wordt.

5.3.4 Reductie van emissies, per eenheid vracht

De te behalen milieuwinst (initiële reductie van emissies per tonkilometer bij inzet van LZV's) hangt ook af van het soort goed en de maximaal toegestane tonnage. In het vorige hoofdstuk is voor twee gevallen deze milieuwinst afgeleid: een goed van 200 kg/m³ en een LZV met GVW 50 ton, en een goed van 400 kg/m³ en een GVW van 70 ton. Op basis van deze efficiencywinsten (reducties in emissies per tonkm van 23 resp. 14%) is Tabel 12 afgeleid.

Tabel 12 Reductie van emissies per tonkm bij inzet van LZV's (alleen initiële effecten, zonder terugkoppelingen)

soort goed	GVW van LZV 50 ton	GVW van LZV 60 ton	GVW van LZV 70 ton
<= 300 kg/m ³	22%	21%	20%
301-400 kg/m ³	11%	15%	15%
401-500 kg/m ³	nvt	11%	13%
501-600 kg/m ³	nvt	nvt	10%

Toelichting:

De reductie van emissies per tonkm het grootst is bij lichte goederen, omdat hier de efficiencywinst van een LZV het grootst is (zie Tabel 11). Bij verruiming van de toegestane massa tot 60 en 70 ton wordt het voertuig zwaarder, waardoor de milieu-efficiencywinst per tonkm bij lichte goederen wat kleiner wordt. Bij zwaardere goederen komt de efficiencywinst pas vol tot uiting bij ruimere massalimieten van de LZV.

5.3.5 Initiële reductie van voertuigkm en emissies, totaal Nederland

Op basis van de uitgangspunten in de vorige paragrafen zijn de initiële reducties in voertuigkilometers en emissies vastgesteld. In deze initiële effecten zijn dus de effecten op andere vervoerwijzen en de effecten van een eventuele toename in het vervoersvolume niet verdisconteerd. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 13.

Tabel 13 Initiële effecten (zonder terugkoppeling) op macroniveau van introductie van LZV's met een toegestaan totaalgewicht van 50, 60 en 70 ton, en een weergave van de effecten als percentage van het totale (binnenlandse plus internationale) wegvervoer¹¹ op Nederlandse bodem

effect	GVW 50 ton		GVW 60 ton		GVW 70 ton	
	aantal	% totaal	aantal	% totaal	aantal	% totaal
substitutie vkm (mln)	579	8%	790	11%	840	12%
substitutie tonkm (mln)	7220	18%	10.580	25%	11.245	27%
reductie vkm (mln)	155	2%	223	3%	235	3%
reductie CO₂-emissie (Mton)	0,12	1,5%	0,15	1,7%	0,16	1,8%

Toelichting op de meest linkse kolom met cijfers:

Bij toelating van LZV's met een GVW van 50 ton (dus alleen verruiming van de toegestane lengte, niet van toegestane massa) zullen 579 mln voertuigkm en 7.590 mln tonkm die momenteel in het binnenlands vervoer worden afgelegd worden vervangen door kilometers met LZV's. Dit resulteert in een **reductie** van 165 miljoen voertuigkm en een reductie van 0,13 Mton CO₂, ofwel 2 resp. 1,5% van het totale wegvervoer in Nederland (alleen initiële effecten).

Uit de tabel blijkt dat de initiële milieuwinst als gevolg van toepassing van LZV's in de orde van 0,15 Mton CO₂ bedraagt. Merkwaardig genoeg verandert deze winst niet sterk als de toegestane massa wordt opgeschroefd van 50 naar 70 ton. Een deel van de verklaring hiervoor hebben we reeds gezien: de milieuwinst van LZV's is relatief het grootst bij lichte goederen.

Echter een deel van de verklaring ligt ook bij de gebruikte data. Volgens de gebruikte cijfers heeft maar een zeer beperkt deel van de in het wegvervoer vervoerde goederen een dichtheid tussen 400 en 600 kg/m³. Volgens deze cijfers breidt de markt voor LZV's daarom niet sterk uit als de toegestane massa van 50 naar 70 ton zou worden opgeschroefd (zie Tabel 10). Waarschijnlijk verlopen in de markt de overgangen tussen dichtheden van verschillende goederensoorten geleidelijker dan op papier. Daarmee bestaat de kans dat de extra markt voor LZV's die vrijkomt bij verruiming naar 60 en 70 ton wat is onderschat.

5.4 Indirect effect 1: effect op spoor en binnenvaart

De verlaging van de transportkosten van het binnenlands goederenwegvervoer als gevolg van de introductie van langere en eventueel zwaardere voertuigen verbetert de concurrentiepositie van het wegvervoer ten opzichte van binnenvaart en spoor. De effecten op luchtvracht, zeevaart en pijpleiding zijn naar verwachting beperkt.

De analyse gebeurt in de volgende stappen:

- eerst worden in § 5.4.1 de zogenoemde 'kruislingse elasticiteiten' vastgesteld waarmee de gevoeligheid van het volume spoor en binnenvaart voor prijsveranderingen in het wegvervoer wordt weergegeven.
- vervolgens worden in § 5.4.2 de prijsveranderingen in het wegvervoer vastgesteld;
- door vermenigvuldiging van de kruislingse elasticiteiten met de kostprijsveranderingen worden in § 5.4.3 de volume-veranderingen in spoor en binnenvaart worden vastgesteld;
- ten slotte worden in § 5.4.4 de milieu-effecten van deze overheveling bepaald.

¹¹ Alleen voertuigen met GVW > 3,5 ton zijn beschouwd, dus bestelauto's niet.



5.4.1 Kruislingse elasticiteiten

Naar de kruislingse elasticiteiten is in het kader van de gezamenlijke studie van NEI en CE, 'Prijselasticiteiten in het goederenwegvervoer' uitgebreid studie gedaan via literatuurstudie, een enquête onder verladers en expediteurs en runs met het goederenvervoermodel SMILE¹². Voor wat betreft de kruislingse elasticiteiten heeft de studie vooral via de enquête en de modelberekeningen bruikbare resultaten opgeleverd.

Het is van belang om te beschikken over elasticiteiten die zo specifiek mogelijk betrekking hebben op het voor deze studie relevante marktsegment. Dit marktsegment kan worden gedefinieerd als 'het binnenlands vervoer van relatief lichte goederen'. In het elasticiteitenonderzoek zijn elasticiteiten (onder andere) gesegmenteerd naar soort vervoer (binnenlands/grensoverschrijdend) en naar verschijningsvorm (bulk/stukgoed). Voor deze studie zijn elasticiteiten in het *binnenlands stukgoedvervoer* het best bruikbaar omdat dit voornamelijk de lichtere goederen betreft. De SMILE-modelberekeningen leveren elasticiteiten precies voor het gevraagde segment. Zie Tabel 14¹³.

Tabel 14 Kruislingse elasticiteiten voor het binnenlands stukgoedvervoer uit de prijselasticiteiten-studie van NEI en CE [2j]

	spoor	binnenvaart
volume binnenlands stukgoedvervoer 1997 (mln tonkm)	599	575
waarvan containers	371	309
kruislingse elasticiteit	+1,8	+0,8

De elasticiteiten zijn gebaseerd op berekeningen met het SMILE-model bij prijsdalingen van het wegvervoer van 20%.

In het voor deze studie relevante marktsegment van het binnenlands stukgoedvervoer zijn de kruislingse elasticiteiten blijkens SMILE-modelberekeningen voor het spoorvervoer +1,80 en voor de binnenvaart +0,8. In andere woorden: een 1% prijsdaling van het voor deze deelmarkt relevante wegvervoer leidt dan tot 1,8% minder binnenlands vervoer van stukgoed per spoor (-11 mln tonkm) en 0,8% minder binnenlands stukgoedvervoer per binnenvaart (-5 mln tonkm).

Het valt overigens op dat spoor en binnenvaart beide ongeveer evenveel stukgoed vervoeren in het binnenlands vervoer, hoewel de binnenvaart in totale vervoersomvang veel belangrijker is. Zie ook Tabel 9. Verder valt op dat een zeer groot stuk van de markt van het vervoer van stukgoed per schip en spoor geschiedt met zeecontainers.

¹² zie: Strategisch Model Integrale Logistiek en Evaluatie, een beschrijving van het model SMILE en de toepassingsmogelijkheden, TNO-Inro en NEI, november 1998

¹³ Het enquêtedeel en het literatuurstudie-deel van het elasticiteitenonderzoek leverden beiden niet voldoende informatie om een elasticiteit voor dit specifieke marktsegment op statistisch verantwoorde wijze af te leiden. Wel zijn in de enquête kruislingse elasticiteiten afgeleid voor het gehele binnenlandse vervoer en voor het gehele Nederlandse stukgoedvervoer. Deze resultaten vertoonden een vrij goede consistentie met de resultaten voor het specifieke deelsegment.

5.4.2 Kostprijseffecten

In deze paragraaf beschrijven we de prijsdaling van het wegvervoer in het subsegment 'binnenlands vervoer van stukgoed', omdat de kruislingse elasticiteiten zoals afgeleid in de vorige paragraaf voor dit segment gelden.

Zoals uit Tabel 14 blijkt speelt in de markt voor binnenlands stukgoedvervoer waarin de drie vervoerwijzen onderling concurreren de zeecontainermarkt een grote rol. Daarom besteden we in deze paragraaf apart aandacht aan de prijseffecten in de markt voor vervoer van zeecontainers.

Zeecontainers

De kostprijseffecten van introductie van LZV's in de markt voor zeecontainers zijn in potentie relatief groot omdat de langere maatvoering het vervoer van 3 TEU (Twenty-foot Equivalent Unit) in plaats van 2 mogelijk maakt (50% meer laadvolume). Belangrijk hierin is de toegestane massa. Een uitgebreide beschrijving van de massa's per vervoerde container staat in bijlage B.3. Hieronder beschrijven we de invloed van de drie mogelijke limieten.

Bij beperking van de toegestane massa van LZV's tot 50 ton zal er vooral een effect merkbaar zijn op de markt voor het vervoer van lege containers en op de markt voor vervoer van de lichtere 40 voets containers. We laten hier het vervoer van lege containers buiten beschouwing. Bij vervoer van één 40 voets-container zal het gemiddelde overschot aan laadvermogen van een 25,25 m-combinatie ca 11 ton bedragen. In circa 20% van de gevallen zal er dan nog een 20 voets-container meegenomen kunnen worden, hetgeen in dit geval zou resulteren in een kostendaling per TEUkm van ca 25%. Daarmee lijkt 5% de maximaal haalbare overall-kostenreductie in het containervervoer.

Bij verruiming van de toegestane massa van LZV's tot 60 ton zal in ca 70% van de gevallen dat een 40 voets-container wordt vervoerd er voldoende laadvermogen over zijn voor een additionele 20 voets-container (ca 15-20% kostenreductie). Tevens is in dit geval vrijwel altijd vervoer van twee 20-voeters toegestaan (in plaats van in 50% van de gevallen, dus ca 20% kostenreductie), en zal in een beperkt aantal gevallen het vervoer van drie 20 voets-containers mogelijk zijn. In totaal is een gemiddelde kostendaling van zeecontainervervoer van 15-20% realiseerbaar.

Bij verruiming van de toegestane massa van LZV's tot 70 ton zal vrijwel altijd een 40- en 20 voets-container gezamenlijk vervoerd kunnen worden, het vervoer van twee 20-voeters altijd mogelijk zijn en zal in ca 30% van de transporten met twee 20 voets-containers een derde 20-voeter kunnen worden meegenomen. Daarmee zijn totale kostendalingen per TEUkm van 25% realiseerbaar.

Hieruit blijkt dat de toegestane totale massa een zeer grote invloed heeft op de potentie van LZV-concepten in de zeecontainermarkt. Bij beperking tot 50 ton vindt er enige uitbreiding plaats bij lichte containers, bij uitbreiding naar 60 en vooral 70 ton zijn de gevolgen veel ingrijpender.

Overigens bedraagt het *volume* binnenlands zeecontainervervoer over weg, rail en binnenvaart ca 1.500, 400 resp. 350 mln tonkm. Het aantal beladen voertuigkilometers ligt in de orde van 100 miljoen, waarvan ca 80 miljoen met 2 TEU wordt afgelegd en ca 20 mln met 1 TEU.

Stukgoed excl. zeecontainers

De kostprijseffecten in het vervoer van stukgoed exclusief zeecontainers kunnen worden afgeleid met behulp van de gegevens uit Tabel 11 (reducties van voertuigkilometers) en aanvullende gegevens over kosten per voertuigkm van LZV's ten opzichte van conventionele vrachtauto's. Wanneer we

aannemen dat de kilometerkostprijs van LZV's 20% boven die van conventionele vrachtauto's ligt, komen we tot de resultaten als getoond in Tabel 15.

Tabel 15 Reductie van kostprijs per tonkm bij inzet van LZV's

soort goed	LZV met GVW 50 ton	LZV met GVW 60 ton	LZV met GVW 70 ton
<= 300 kg/m ³	-16%	-16%	-16%
301-400 kg/m ³	-4%	-10%	-13%
401-500 kg/m ³	n.v.t. (0%)	-4%	-9%
501-600 kg/m ³	n.v.t. (0%)	n.v.t. (0%)	-4%
zeecontainers	-5%	-15%	-25%
inschatting voor prijsdaling in totale markt voor binnenlands stukgoed- en zeecontainervervoer die concurreert met spoor en binnenvaart	-5%	-10%	-13%

5.4.3 Resulterende volumeveranderingen spoor en binnenvaart

De gegevens uit Tabel 14 en Tabel 15 kunnen worden gecombineerd om de volume-effecten, de eventuele omgekeerde 'modal shift' richting wegvervoer, te berekenen. Deze berekeningen en de resultaten ervan zijn getoond in Tabel 16.

Tabel 16 Indicaties voor resulterende modal shift naar wegvervoer

	LZV met GVW 50 ton	LZV met GVW 60 ton	LZV met GVW 70 ton	
prijseffect van LZV in binnenlands wegvervoer van stukgoed & zeecontainers	-5%	-10%	-13%	
binnenlands spoorvervoer van stukgoed en containers				
vervoersvolume (mln tonkm)	599			
elasticiteit	+1,8			
volume-effect (vermindering spoorvervoer)	in % van <i>binnenlandse</i> spoorvervoer van <i>stukgoed en containers</i>	-9%	-18%	-23%
	absoluut (mln tonkm)	-54	-108	-140
	in % van totale <i>binnenlandse</i> spoorvervoer	-7%	-13%	-17%
	in % van totale spoorvervoer op <i>NL bodem</i>	-2%	-4%	-5%
binnenlands vervoer per binnenvaart van stukgoed en containers				
vervoersvolume stukgoed & containers binnenland (mln tonkm)	575			
elasticiteit	+0,8			
volume effect (vermindering binnenvaart)	in % van <i>binnenlandse</i> binnenvaart van <i>stukgoed en containers</i>	-4%	-8%	-10%
	absoluut (mln tonkm)	-23	-46	-60
	in % van totale <i>binnenlandse</i> binnenvaart	-0,3%	-0,6%	-0,7%
	in % van totale binnenvaart op <i>NL bodem</i>	-0,1%	-0,2%	-0,2%

5.4.4 Inschatting van milieu-effect

In deze paragraaf worden de milieu-effecten als gevolg van de eventuele nieuwe concurrentie van de nieuwe concepten met het intermodale vervoer bepaald. De milieu-effecten zijn het product van:

- de volume-effecten in, in miljoenen verschoven tonkm zoals berekend in de vorige paragraaf;
- de milieu-effecten per tonkm.

In de milieueffecten laten we de effecten op NO_x –emissie buiten beschouwing omdat deze te sterk afhangen van het technologieniveau en het type tractie (bij spoor).

In het vorige hoofdstuk hebben we gezien dat de milieu-effecten van verschuiving van spoor of binnenvaart naar wegvervoer sterk afhangt van de dichtheid van de goederen. De dichtheid van de verschoven goederen hangt op zijn beurt weer af van het maximaal toegestane GVW van de LZV's. Uit de analyses uit de vorige hoofdstukken blijkt dat bij een beperking tot 50, 60 resp. 70 ton de gemiddelde dichtheid van de goederen in de LZV ca 200, 300 resp. 400 kg/m³ bedraagt. Aan de hand van Figuur 4 kunnen we een inschatting maken van de effecten op CO₂–emissie van verschuiving van vracht van spoor of binnenvaart naar LZV's bij deze dichtheden.

We komen dan tot de resultaten als getoond in Tabel 17.

Tabel 17 Effecten op CO₂–emissie als gevolg van verschuivingen richting wegvervoer bij algehele toelating van LZV's in Nederland

soort goed		LZV met GVW 50 ton	LZV met GVW 60 ton	LZV met GVW 70 ton
volume overgeheveld naar LZV (mln tonkm)	van spoorvervoer	54	108	140
	van binnenvaart	23	46	60
gemiddelde dichtheid van overgeheveld goederen (kg/m ³)		200	300	400
CO ₂ –emissie (g/tonkm)	LZV	±76	±66	±56
	spoorvervoer	±74	±58	±42
	binnenvaart	±76	±60	±45
emissie-effect per tonkm bij verschuiving naar LZV	van spoorvervoer	±2	±8	±14
	van binnenvaart	±0	±6	±12
totale toename van CO ₂ –emissie (kton)		0,1	1,1	2,7
emissietoename in geld gewaardeerd (€ mln)		0,01	0,06	0,13

Nogmaals benadrukken we dat de getoonde milieu-effecten zijn gebaseerd op de berekeningen zoals gedefinieerd in § 4.2 en § 4.3 en dat daarom alle in § 4.9 en § 4.10 genoemde relativeringen op de emissiegetallen van toepassing zijn.

Uit de tabel blijkt dat de toename van CO₂–emissie als gevolg van een lager marktaandeel van het binnenlandse spoorvervoer en binnenvaart maximaal enkele kilotonnen bedraagt, en dar het milieu-effect bij beperking van het GVW tot 50 ton verwaarloosbaar is.

De toename van CO₂–emissie is zeer beperkt vergeleken met het initiële effect als gevolg van het milieu-efficiëntere wegvervoer zoals getoond in Tabel 13 (ca 0,15 Mton). Dit komt doordat:

- het milieuvoordeel dat intermodaal vervoer van lichte goederen oplevert vergeleken met LZV's beperkt is (zie het vorige hoofdstuk);

- doordat het grootste deel van de markt voor binnenlands intermodaal vervoer zware bulkgoederen betreft, waarvoor verhoging van de toegelaten lengte van vrachtauto's geen gevolgen heeft (omdat de toegelaten massa beperkend is).

5.5 Indirect effect 2: extra vervoer door lagere transportkosten

Alle beschouwingen in dit hoofdstuk en het vorige hadden tot dusverre als uitgangspunt dat de totale vraag naar goederenvervoer onveranderd zou blijven als LZV's zouden worden geïntroduceerd. Naar alle waarschijnlijkheid is dit echter niet het geval. Introductie van LZV's leidt tot daling van transportkosten en daarmee mogelijk tot nieuw gegenereerd vervoer. Wanneer we ervan uitgaan dat het verladende bedrijfsleven de kosten van transport en de baten ervan (schaalvoordelen, locatievoordelen en voordelen van opslag en voorraadbeheer) rationeel afweegt, zal het bedrijfseconomisch optimum bij lagere transportkosten komen te liggen bij een hoger transportvolume. In de praktijk betekent dit bijvoorbeeld dat het mogelijk wordt vanuit een centraal punt een grotere klantenkring te bedienen, waardoor het aantal distributiecentra afneemt¹⁴.

Hoe groot dit 'rebound'-effect, nieuw gegenereerd vervoer, is hangt af van de prijselasticiteit van het goederenwegvervoer. Uit de eerder gememoreerde studie van NEI en CE naar prijselasticiteiten in het goederenwegvervoer [2] blijkt dat de eigen elasticiteit van goederenwegvervoer ca -0,6 tot -0,9 bedraagt, tamelijk onafhankelijk van het vervoerde product, of het vervoer binnenlands of internationaal is en dergelijke. De variatie is voor een deel te verklaren uit substitutiemogelijkheden: is er een intensieve intermodale concurrentie, dan is de elasticiteit hoger. Omdat we gezien hebben dat de intermodale concurrentie bij toelating van LZV's in het binnenlandse vervoer relatief beperkt is, nemen we hier als uitgangspunt de lage waarde van de elasticiteit (-0,6).

Om vervolgens te kunnen bepalen welk deel van de initiële emissiereductie als getoond in Tabel 12 en Tabel 13 teniet wordt gedaan door de effecten van kostprijzdalingen is het van belang na te gaan hoe de emissiereducties zich verhouden tot de kostprijzdalingen. Dit is getoond in Tabel 18.

Tabel 18 Reductie van emissies en van kostprijzen bij inzet van LZV's

soort goed	LZV met GVW 50 ton		LZV met GVW 60 ton		LZV met GVW 70 ton	
	emissie-reductie	kostprijs-reductie	emissie-reductie	kostprijs-reductie	emissie-reductie	kostprijs-reductie
<= 300 kg/m ³	-22%	-16%	-21%	-16%	-20%	-16%
301-400 kg/m ³	-11%	-4%	-15%	-10%	-15%	-13%
401-500 kg/m ³	n.v.t. (0%)		-11%	-4%	-13%	-9%
501-600 kg/m ³	n.v.t. (0%)		n.v.t. (0%)		-10%	-4%

Uit Tabel 18 blijkt dat de verhouding kostprijzdaling/milieuwinst bij de lichtere concepten ca 0,6 bedraagt en bij de zwaardere ca 0,8. Dit betekent dat ij de

¹⁴ Dit is dus een versterking van een proces dat de laatste decennia sterk heeft gespeeld en nauw samenhangt met de ontwikkeling van het snelwegennetwerk. Zie voor een uitgebreide beschrijving van de rol van lagere prijzen en hogere snelheden in de groei van het goederenvervoer de studie 'Beter aanbod, meer goederenvervoer?', CE, 1999.

lichtere concepten een ca 40% ($0,6 \cdot 0,6$) van de milieuwinst zal 'weglekken' als gevolg van 'rebound'-effecten en bij de zwaardere ca 50% ($0,8 \cdot 0,6$).

Het gevolg is dat de milieu-efficiencywinst als gevolg van introductie van LZV's aanzienlijk is, maar dat de milieu-effectiviteit van introductie van LZV's minder hoog is dan de efficiencywinst doet vermoeden.

Ten slotte is het goed mogelijk om de 'weglek' van milieuwinst te beperken door de ratio kostprijzdaling/milieuwinst te verkleinen. Concreet kan dit bijvoorbeeld worden gerealiseerd door extra milieu-eisen aan LZV's te stellen (bijvoorbeeld 'EEV'-eisen, zie bijlage E). Een deel van de economische winst wordt zo 'afgeroomd' in ruil voor milieuwinst. In dit geval wordt de initiële milieuwinst flink opgeschroefd en zorgt het nieuw gegenereerde vervoer ook voor minder emissies.

5.6 Saldo van de milieu-effecten

Door optelling van het initiële milieu-effect van LZV's, de mogelijke milieu-effecten als gevolg van extra gegenereerd vervoer en de mogelijke milieu-effecten als gevolg van minder spoorvervoer en binnenvaart kunnen we een inschatting maken van het gesaldeerde milieu-effect van invoering van LZV's in het binnenlandse wegvervoer.

Hierbij plaatsen we onmiddellijk de kanttekening dat alle drie de effecten zeer grote onzekerheidsmarges kennen. Voor een inschatting van de *initiële* effecten moest een groot aantal aannamen worden gedaan over de aantrekkelijkheid van de nieuwe concepten voor vervoer in specifieke deelmarkten. De milieu-effecten als gevolg van een eventuele afname van *intermodaal vervoer* zijn zeer speculatief omdat het vrijwel niet mogelijk is de omvang van de 'verloren' markt vast te stellen en algemeen geldende uitspraken te doen over de milieu-effecten van intermodaal vervoer. Ten slotte is het 'rebound'-effect (*gegenereerd vervoer*) in hoge mate afhankelijk van de gehanteerde prijselasticiteit.

Niettemin presenteren we een gekwantificeerde tabel, al is het maar om de optredende mechanismen te illustreren en een indicatie van de omvang ervan te geven. In de voorgaande hoofdstukken zijn alle nuances en onzekerheden omtrent markten en milieu-effecten uitgebreid beschreven.

Tabel 19 Indicatief overzicht van effecten van invoering van langere en zwaardere voertuigen in het binnenlandse wegvervoer. Effecten in kton CO₂-emissie.

mechanisme	GVW 50 ton	GVW 60 ton	GVW 70 ton
initieel (efficiënter wegvervoer)	ca -120	ca 150	ca 160
intermodaal: minder binnenvaart/spoor	ca +0,1	ca +1,1	ca +2,7
'rebound'-effect: gegenereerd vervoer	ca +50	ca +70	ca +75
totaal	ca -70	ca -80	ca -80

Uit de tabel zijn twee conclusies te trekken:

- per saldo zal het milieu-effect van toelating van LZV's in de orde van 0,1 Mton bedragen. Weliswaar wordt een flinke (economische en milieutechnische) *efficiencywinst* geboekt, maar door het 'rebound'-effect en, in veel mindere mate, de negatieve modal shift, is de *milieu-effectiviteit* minder hoog dan in eerste instantie zou worden verwacht;



- het uiteindelijke milieu-effect ligt bij beperking van de toegestane massa op 50 ton in dezelfde orde van grootte als bij verruiming van de toegestane massa tot 60 of 70 ton. Dit komt doordat de markt voor LZV's bij beperking van het GVW tot 50 ton wordt beperkt tot het vervoer van zeer lichte goederen. Juist bij dit vervoer is de LZV het meest milieu-efficiënt en is de concurrentie met intermodaal vervoer het kleinst.

5.7 Verhogen van de effectiviteit

Ten slotte besteden we aandacht aan verschillende mogelijkheden om de milieu-efficiency én de milieu-effectiviteit van introductie van LZV's te verhogen. Dit kan bijvoorbeeld met regelgeving en met financiële instrumenten.

Een voorbeeld van regelgeving is reeds aan de orde gekomen: het stellen van extra milieu-eisen aan de LZV's. Op deze wijze wordt een deel van de economische 'winst' van toepassing van LZV's geïnvesteerd in milieu. LZV's worden schoner en (iets) duurder. Hierdoor wordt de milieuwinst per met LZV vervoerde tonkilometer sterk verhoogd, en valt ook de toename van emissies als gevolg van eventueel nieuw gegenereerd vervoer lager uit.

Een voorbeeld van financieel instrumentarium om de economische voordelen van toepassing van LZV ten gunste van milieu af te romen is generiek prijsbeleid (bijvoorbeeld accijnsverhoging of een naar milieuklasse gedifferentieerde kilometerheffing). Hierdoor worden prikkels om (milieu)efficiënter te vervoeren versterkt en zal over de gehele transportmarkt een geringe vraaguitval plaatsvinden, waardoor de gesaldeerde milieuwinst sterk toeneemt.



6 Conclusies en aanbevelingen

6.1 Conclusies

Algemene toelating van langere en eventueel zwaardere vrachtauto's (LZV's, lengte 25,25 m, GVW 50, 60 of 70 ton) in het binnenlands vervoer zal naar verwachting per saldo een reductie van CO₂-emissie opleveren van maximaal 0,1 Mton. Dit is ca 1% van de CO₂-emissie van het goederenwegvervoer, exclusief bestelauto's, op Nederlandse bodem.

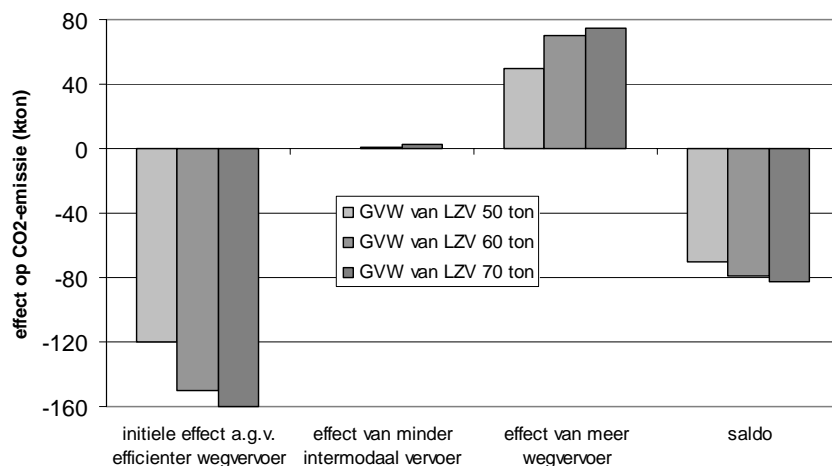
De reductie van CO₂-emissie is niet sterk afhankelijk van het toegestane maximumgewicht van de langere voertuigen (50, 60 of 70 ton GVW).

Over de effecten op de NO_x-emissie is niet binnen aanvaardbare nauwkeurigheidsmarges een uitspraak te doen maar deze zijn naar verwachting vrij beperkt.

Algemene toelating van LZV's zal leiden tot een daling van de transportkosten in het vervoer van relatief lichte goederen over de weg. In bepaalde gevallen kan deze daling van transportkosten lopen tot ruim 20%.

De reductie van CO₂-emissie is een saldo van drie effecten, een initiële milieuwinst door verhoging van de vervoersefficiency, een beperkt milieuverlies door de lichte afname van het marktaandeel van spoor en binnenvaart en een fors milieuverlies door als gevolg van een 'rebound'-effect, het ontstaan van extra wegvervoer door de daling van de kostprijs. Deze drie effecten zijn afgebeeld in Figuur 9.

Figuur 9 Overzicht van indicatieve effecten van introductie van langere en eventueel zwaardere vrachtauto's in het binnenlandse vervoer op de CO₂-emissie



Algemene toelating van LZV's in het binnenlandse wegvervoer kan de concurrentiepositie van spoorvervoer en binnenvaart schaden. De mate waarin dit gebeurt hangt sterk af van het toegestane totaalgewicht van de LZV's (50, 60 of 70 ton) en van flankerend beleid. Bij algemene toelating van LZV's in het binnenlands vervoer zal, zonder flankerend beleid, het spoorvolume in

tonkm op Nederlandse bodem afnemen met ca 2% (bij 50 ton GVW) tot ca 5% (bij 70 ton GVW), en het binnenvaartvolume in tonkm op Nederlandse bodem afnemen met ca 0,1% (bij 50 ton GVW) tot ca 0,2% (bij 70 ton GVW). Wanneer de LZV's ook in het *internationale* transport algemeen zouden worden toegelaten zouden deze percentages fors toenemen omdat circa driekwart van het vervoer over spoor en water in Nederland grensoverschrijdend is.

Uit Figuur 9 blijkt dat de verschuiving van vervoerstromen van spoor en binnenvaart naar LZV's tot slechts een geringe toename van CO₂- en NO_x-emissies leidt, zeker wanneer de toegestane massa van LZV's tot 50 ton beperkt blijft. Dit komt doordat LZV's voornamelijk zullen worden gebruikt voor het vervoer van relatief lichte goederen. Het blijkt dat de verschillen in CO₂-emissie van LZV's enerzijds en spoor en binnenvaart anderzijds bij vervoer van dergelijke lichte goederen gering zijn. Bovendien zijn de stromen van dergelijke lichte goederen per spoor en binnenvaart gering, zoals ook uit de vorige conclusie is gebleken.

Inzoomend op de milieuvergelijkingen tussen conventionele vrachtauto, LZV, trein en schip kunnen we stellen dat *bij het vervoer van lichte goederen* zoals dat in deze studie aan de orde is geen 'schoonste' of 'vuilste' vervoerwijze is aan te wijzen. De gebruikte (motor)techniek, de bereikte beladingsgraden en de gehanteerde snelheden van iedere vervoerwijze afzonderlijk zijn van grotere invloed op de milieueffecten dan de keuze van de vervoerwijze. Wel kan gesteld worden dat elektrisch spoorvervoer, mits niet te snel rijdend en goed gevuld, het best scoort, dat dieselelektrisch spoorvervoer en binnenvaart op NO_x-emissie relatief slecht scoort ten opzichte van de vrachtauto van 2010, dat LZV's per tonkm aanzienlijk beter kunnen scoren dan conventionele grote vrachtauto's, en dat de milieuscore van vrachtauto's en LZV's ten opzichte van spoorvervoer en binnenvaart relatief verbetert naarmate de goederen lichter worden.

6.2 Aanbevelingen

Als milieuwinst het voornaamste doel van inzet van LZV's is, kan de invoering het best vergezeld gaan van flankerend beleid in de vorm van accijnsverhogingen of gedifferentieerde kilometerheffingen voor het gehele wegvervoer. De initiële milieuwinst neemt dan toe door verhoogde vervoersefficiëntie; tevens worden de 'rebound'-effecten dan geringer omdat de kostprijzdalingen worden afgeroomd. Tegelijkertijd zal de concurrentiepositie van intermodaal vervoer minder worden aangetast.

Als er groot belang aan wordt gehecht om de invoering van LZV's niet ten koste te laten gaan van de concurrentiepositie van intermodaal vervoer, kan het zinvol zijn de massalimiet ook voor de langere voertuigen op de huidige 50 ton te handhaven, dus niet naar 60 of 70 ton op te schroeven. Zoals reeds getoond in Figuur 9 is de totale milieuwinst dan nauwelijks lager dan in het geval 60 of 70 ton als limiet wordt aangehouden. Aanvullend kan flankerend beleid worden overwogen zoals omschreven in de vorige aanbeveling.

Literatuur

- [1] Adviesdienst Verkeer en Vervoer, Rotterdam
 - a Ongevallen met zwaar verkeer, maart 1997
 - b The container in the global transport chain, weight and dimensions in transportation, PIARC Working Group 4, B. Knippenberg, juli 1998
 - c Concept-Elasticiteitenhandboek, J. v.d. Waard, 1992

- [2] CE, Centrum voor energiebesparing en schone technologie, Delft
 - a Vergelijking milieu-effecten E- en DE-tractie van goederentreinen, december 1995
 - b Schoon schip in de Nederlandse binnenvaart, mei 1997
 - c Hoe schoon is het Nederlandse vrachtwagenpark?, in samenwerking met Bureau Goudappel Coffeng, december 1997
 - d Specific energy consumption and emissions of freight transport, november 1997
 - e De Betuweroute en het milieu, een vergelijking van drie vervoerwijzen in 2010, december 1998
 - f Electronic kilometre charging for heavy goods vehicles in Europe, met P. Kageson, T&E Report 99/6, mei 1999
 - g Korte Afstand Vervoer; een inventariserend onderzoek naar knelpunten en oplossingen, oktober 1999
 - h Beter aanbod, meer goederenvervoer? oktober 1999
 - i Efficiënte prijzen voor het verkeer; raming van de maatschappelijke kosten van het gebruik van verschillende vervoermiddelen, oktober 1999
 - j Prijselasticiteiten in het goederenwegvervoer, hoofdrapport en achtergrondrapport, in samenwerking met het Nederlands Economisch Instituut, december 1999

- [3] Commissie van Duursen, Vaart in de keten, Actieplan ter bevordering van internationaal goederenvervoer via de binnenvaart, Den Haag, april 1993

- [4] EPCEM Study Reports, Shifting freight from road to rail: the potential of intermodal transport in Europe, V. Dinica (et al), Leiden, april 1998

- [5] EVO, Ondernemersorganisatie voor logistiek en transport/Arcadis Heidemij Advies/Buck Consultants International, Onderzoek Modal Shift; modal shift in de praktijk, Zoetermeer/Arnhem/Nijmegen, mei 1999

- [6] Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V., Bewertung des Güternverkehrs auf Strasse und Schiene, J. Schulz, Frankfurt am Main, februari 1996

- [7] Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Den Haag
 - a Transport in Balans, september 1996
 - b Langere en zwaardere vrachtwagens, inventarisatie naar de wenselijkheid en de haalbaarheid, Projectgroep 'Langere en Zwaardere vrachtwagens', maart 1997

- [8] Ministry of Transport and Communications Finland, Module combinations in Finland

- [9] NEA, Rijswijk
 a Marktonderzoek 'Zware voertuigen', februari 1993
 b Deelmarktonderzoek (groot)volumevervoer, oktober 1992
 c Verhoging maximale voertuiglengte voor combinatievoertuigen in het binnenlands vervoer, 1997
- [10] Onderzoeksinstituut OTB, Minder energiegebruik in grootschalige multimodale transportcentra, A. Dijkstra, Delft, 1995
- [11] Port of Rotterdam, Container Yearbook 1997, Rotterdam, 1998
- [12] RDW Centrum voor voertuigtechniek en -informatie, Zoetermeer
 a Bedrijfsauto's en zware aanhangwagens, Voertuigtechnische eisen 1995
 b Voertuigreglement behorend bij de Wegenverkeerswet 1994, december 1997
- [13] RIVM, Energiegebruik en emissies per vervoerwijze, R.M.M. van den Brink e.a., Bilthoven, mei 1997
- [14] SWOV (Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid), Leidschendam
 a Snelheidslimieten voor vrachtwagens, R. Roszbach, 1991
 b De verkeersonveiligheid in Nederland in de periode 1985-1996, R.J. Davidse (red.), 1997
 c Snelheidsbegrenzers voor vrachtwagens en bussen, R. Roszbach, Leidschendam, 1991
 d Bestelauto's en verkeersveiligheid, C.C. Schoon, G.P.J.J. Hagesteijn, Leidschendam, 1996
 e De veiligheid van vrachtauto's, Kampen, L. van e.a., 1999
 f Verkeersveiligheidsconsequenties van de 4-TEU-truck, 1994
- [15] Technische Universiteit Delft
 a Faculteit der Werktuigbouwkunde en Maritieme Techniek, vakgroep Transporttechniek, On medium distance intermodal rail transport, B.J.C.M. Rutten, juni 1995
 b Faculteit der Werktuigbouwkunde en Maritieme Techniek, vakgroep Transporttechniek, Het specifiek energiegebruik van transportmodaliteiten, P.A. van Laar, januari 1993
 c Faculteit der Civiele Techniek, Vergelijking emissies weg- en gecombineerd vervoer, Grondtransport Bodemsanering Aafrunol, Eindrapportage, september 1994
 d Faculteit der Werktuigbouwkunde en Maritieme Techniek, Binnenvaart in beeld, prof. S. Hengst, 1995
- [16] TNO Wegtransportmiddelen, Delft
 a Rekenmodel voor emissie en brandstofverbruik van bedrijfswagens en het schatten van ontwikkelingstendensen voor de modelparameters, J.W.C.M. van de Venne, R.C. Rijkeboer, 1995
 b Langere en zwaardere vrachtwagens, R.B.J. Hoogvelt (et al), december 1996
- [17] Transport en Logistiek Nederland, Zoetermeer
 a Het vergelijken van appels met peren, Pleidooi van Transport en Logistiek Nederland voor het ontmythologiseren van de milieu-effecten van een modal shift, herziene editie, R. Ohm en P. Poppink, mei 1999
 b Transport in cijfers, 1999



- [18] Gesprekken
 a R. Ohm (TLN)
 b A. Smit (TLN)
 c F. de Wit (GINAF Trucks)
 d M. Michon (Buck Consultants International)
- Literatuur specifiek over prijselasticiteiten*
- [19] Bjørner, T.B.
 a Environmental benefits from better freight transport management: freight traffic in a VAR model, in Transportation Research Part D 4 1999, p. 45-64
 b Demand for Freight Transport in Denmark, an empirical analysis of total demand and the split between rail and road, met T.C. Jensen, AFK Institute of Local Government Studies, augustus 1997
- [20] Black, I. e.a., Modelling the links between economic activity and vehicle kilometers, CCLT Research Report No.2, Cranfield University School of Management, Centre for Logistics and Transportation, Cranfield, maart 1995
- [21] Jensen, T.C. en T.B. Bjørner, Goods Transport and Demand for Transport by Industry, AFK Institute of Local Government Studies, december 1994
- [22] Massman, C., Preiselastizitäten für den Güterverkehr und ihre Anwendung in Verkehrsprognosen, Buchreihe des Instituts für Verkehrswissenschaft an der Universität zu Köln nr. 56, Verkehrs-Verlag Fischer, Düsseldorf, 1993
- [23] Michaelis, L., Sustainable transport policies: CO₂ emissions from road vehicles, Annex 1 Expert group on the UN FCCC, 'Policies and measures for common action', Working paper 1, OECD, Parijs, juli 1996
- [24] NEI, De prijselasticiteit van energieverbruik in het wegverkeer, Pronk, M.Y. en P. Blok, Rotterdam, september 1991
- [25] Oum, T.H., Concepts of price elasticities of transport demand and recent empirical estimates, an interpretative survey, met W.G. Waters II en J.-S. Yong, in Journal of Transport Economics and Policy, mei 1992. Overzichtsstudie met resultaten van:
 a Friedlaender, A.F. en R.H. Spady, A derived demand function for freight transportation, The Review of Economics and Statistics, 62, 1980
 b Lewis, K.A. en D.W. Widup, Deregulation and rail-truck competition, Journal of Transport Economics and Policy, mei 1982
 c Oum, T.H., Alternative demand models and their elasticity estimates, Journal of Transport Economics and Policy, mei 1989
 d Oum, T.H., Derived demand for freight transport and inter-modal competition in Canada, Journal of Transport Economics and Policy, mei 1979
 e Oum, T.H., A cross sectional study of freight transport demand and rail-truck competition in Canada, the Bell Journal of Economics, 1979
 f Wilson, W.W, W.W. Wilson en W.W. Koo, Modal competition in grain transport, Journal of Transport Economics and Policy, vol. 22, p. 319-337, september 1988
 g Winston, C., A Disaggregate Model for the Demand for Intercity Freight Transportation, Econometrica, vol. 49 no 4, juli 1981

[26]

Winston, C.,

- a The Demand for Freight Transportation: Models and Applications, Transportation Research A17, 1983, p. 419-427
- b Conceptual developments in the economics of transportation, an interpretative survey, Journal of Economic Literature 22, 1985, p. 57-94



Gebruikte termen en afkortingen

1,5 kV _{dc}	1,5 kiloVolt (1.500 Volt) Direct Current (gelijkstroom)
25 kV _{ac}	25 kilovolt (25.000 Volt) Alternating Current (wisselstroom)
beladingsgraad	naar <i>afstand</i> : percentage van de voertuigkilometers dat beladen (niet-leeg) wordt afgelegd naar <i>massa</i> : percentage van het laadvermogen dat bij de <i>beladen</i> kilometers wordt gebruikt
benuttingsgraad	product van beladingsgraden naar afstand en massa
DE	dieselektrisch, tractievorm voor de trein, de elektrische tractiemotor wordt aangedreven door een dieselgenerator
€	euro, fl 2,20371
E	elektrisch, tractievorm voor de trein, de elektrische tractiemotor wordt gevoed door het elektriciteitsnet
Europaschip	binnenschip met lengte 85 m
GVW	Gross Vehicle Weight, maximaal toelaatbaar totaalgewicht van een voertuig
lvm	laadvermogen
kW	kilowatt, 1.000 Watt
kWh	kilowattuur, 3,6 MJ
LZV	Langere en eventueel Zwaardere Vrachtauto, vrachtauto met een maximaal toegestane lengte van 25,25 m (momenteel 18,75 m) en een maximaal toegestaan totaalgewicht (GVW) van 50, 60 of 70 ton (momenteel 50 ton)
m ² km	laadvloerkilometer, alternatieve, niet in dit rapport gebruikte, eenheid voor vervoersprestatie
m ³ km	kubiekemeterkilometer, alternatieve, niet in dit rapport gebruikte, eenheid voor vervoersprestatie
massavervoer	vervoer waarbij de toegestane <i>massa</i> van het voertuig beperkend is voor de hoeveelheid goederen die meegenomen kan worden, in tegenstelling tot volumevervoer. in het algemeen goederen met een hoge soortelijke massa, bijvoorbeeld 2000 kg/m ³
MJ	MegaJoule, 10 ⁶ Joule
pk	paardekracht, 0,7355 kW
Rijnschip	binnenschip met lengte 110 m
tonkm	tonkilometer, in dit rapport gebruikte eenheid van vervoersprestatie
va	(conventionele) vrachtauto/aanhangwagencombinatie of trekker/opleggercombinatie
vkm	voertuigkilometer
volumevervoer	vervoer waarbij de toegestane <i>afmetingen</i> van het voertuig beperkend is voor de hoeveelheid goederen die meegenomen kan worden, in tegenstelling tot massavervoer. In het algemeen goederen met een lage soortelijke massa, bijvoorbeeld 250 kg/m ³



CE

**Oplossingen voor
milieu, economie
en technologie**

Oude Delft 180
2611 HH Delft
tel: 015 2 150 150
fax: 015 2 150 151
e-mail: ce@ce.nl
website: www.ce.n

Inzet van langere en/of zwaardere vrachtauto's in het intermodaal ver- voer in Nederland

Effecten op de uitstoot van CO₂ en NO_x

Bijlagen

Delft, februari 2000

Opgesteld door: ir J.M.W. Dings
ir B. Klimbie





A Prijselasticiteiten goederenwegvervoer

Prijselasticiteiten beschrijven het effect van prijsveranderingen van een product op de vraag ernaar. Kennis over deze prijselasticiteiten is in deze studie van belang om het netto milieu-effect van de introductie van LZV's vast te kunnen stellen. Immers, zonder aanvullende maatregelen zal introductie van LZV's de transportprijs verlagen, hetgeen extra vraag zal genereren, waardoor een gedeelte van de initiële milieuwinst zou kunnen verdwijnen.

Het CE heeft recentelijk samen met NEI onderzoek gedaan naar prijselasticiteiten in het goederenvervoer [2j]. Het bleek dat naar het effect van prijsveranderingen van het goederenvervoer op de vraag naar goederenvervoer verrassend weinig primair onderzoek was verricht (ca 15 studies, waarvan minder dan de helft goed bruikbaar is). Daarom is in de studie een aantal exercities uitgevoerd met het model SMILE (Strategisch Model Integrale Logistieke Evaluatie) en is een aanvullende enquête gehouden bij verladers en expediteurs.

Prijsmaatregelen in het goederenwegvervoer kunnen een drietal effecten hebben:

- 1 Efficiency-effecten (bijvoorbeeld bij invoering van een km-heffing zal worden gezocht naar mogelijkheden om zoveel mogelijk tonnen vracht per voertuigkm te transporteren).
- 2 Substitutie-effecten: tonkm worden gesubstitueerd van of naar andere modaliteiten, maar het totale aantal tonkm blijft grofweg gelijk ('kruislingse' elasticiteit).
- 3 Vraageffecten: in totaal minder tonkm goederenvervoer ('eigen' elasticiteit minus de substitutie naar andere vervoerwijzen).

In deze studie is het belangrijk zicht te hebben op de laatste twee effecten. Kernpunt van de studie is immers een verlaging van de prijs van het wegvervoer per tonkm. Als gevolg van de 'eigen' prijselasticiteit zal hierdoor de vraag naar wegvervoer toenemen, onder invloed van de kruislingse elasticiteit zal het wegvervoer vracht overnemen van spoor en binnenvaart. De milieu-effecten van deze vraagtoename en substitutie zijn verschillend.

De studie van NEI en CE presenteert onder andere elasticiteiten voor een verandering van de prijs van goederenwegvervoer in het binnenlandse vervoer. Opvallend resultaat van de studie is dat er geen robuuste desaggregatie te maken is naar deelmarkt, goederensoort e.d. De resultaten voor deze deelmarkten ontlopen elkaar relatief weinig en spreken elkaar qua richting bovendien soms tegen (soms is bulk prijsgevoeliger, soms stukgoed). Zie Tabel 20.

Tabel 20 Eigen en kruislingse elasticiteiten voor een verandering van de prijs per tonkm van binnenlands goederenwegvervoer (NEI/CE 2000)

goederensoort	elasticiteit
eigen elasticiteit binnenlands wegvervoer	-0,7
kruislingse elasticiteit binnenlandse binnenvaart	+1,1
kruislingse elasticiteit binnenlands spoorvervoer	+3,0



B Beschrijving enkele deelmarkten

B.1 Inleiding

Deze bijlage is gewijd aan een beschrijving van een aantal deelmarkten met een specifieke voertuig- en ladingkarakteristiek. Behandeld worden de markt voor zware solovoertuigen en de markt voor zeecontainervervoer. Niet aan de orde komen open en gesloten trekker/oplegger en vrachtauto/aanhangercombinaties.

B.2 Zware solovoertuigen

Verruiming van de maten en gewichten zal in het geval van solovoertuigen vooral in verband met gewichten interessant

Het verhogen van de 50 tons-limiet zal vooral invloed hebben op de huidige vier- en vijfassige kippers en betonmixers en het vervoer van afzetcontainers.

Kippers

De huidige 10x8-voertuigen hebben een GVW van 50 ton, terwijl dit technisch 56,5 ton is (4 maal 11,5 ton plus 10,5). Het laadvermogen is ca 33 ton. Verruiming naar 60 ton zou het wettelijk laadvermogen dus zonder extra kosten met 6,5 ton (ca 20%) verhogen naar ca 39,5 ton, zonder extra kosten. De kosten per ton laadvermogen nemen daarmee met ca 15% af.

In plaats van 10x8-voertuigen worden momenteel vaak vierassige 8x8-voertuigen met een GVW van 46 ton gekocht. Deze zijn populair want lichter, goedkoper en wendbaarder dan vijfassers en hebben slechts ca 2 ton minder wettelijk laadvermogen (ca 31 ton). Verhoging van de limiet naar 60 ton zou het huidige voordeel van deze voertuigen boven een vijfasser drastisch verminderen. Daarom zouden waarschijnlijk bijna al deze voertuigen voortaan dan ook als vijfasser worden verkocht, dus 8,5 ton (ca 25%) stijgen in laadvermogen. Aangezien een vijfasser ook flink duurder is dan een vierasser, zal de daling van de prijs per ton laadvermogen bij een verruiming naar 60 ton veel minder substantieel zijn dan de stijging in laadvermogen suggereert. We schatten een daling van 10% in. Ook is een verschuiving van vracht naar trekker/opleggercombinaties te verwachten omdat deze meer ruimte hebben voor een groter aantal assen.

Bij een verruiming naar 70 ton is nog een zesde as nodig. Deze is op solovoertuigen nauwelijks te realiseren. Te verwachten valt daarom dat in dit geval een deel het massavervoer zal worden overgenomen door zes- of misschien zelfs zevenassige trekker/opleggercombinaties.

Betonmixers

Het momenteel gangbare 50 tons 8x4-concept heeft een leeggewicht van ca 17 ton en daarmee een laadvermogen van 13,5 m³ (32,5 ton) beton. Dit zijn precies 3 batches van 4,5 m³. Echter er wordt ook gewerkt met batches van 3 m³. Hiervoor zou een laadvermogen van 15 m³ (ca 36 ton, 5 batches) ideaal zijn. Het totale voertuiggewicht zou dan op ca 55 ton uitkomen. Met een 10x6-concept is dit wellicht haalbaar. Naar schatting kunnen de kosten per ton laadvermogen voor dit concept dan met ca 5% omlaag. Omdat het niet voor de gehele markt aantrekkelijk is om op een 15 m³-concept over te gaan, zal de

totale kostendaling voor de gehele betonmixermarkt naar schatting slechts ca 3% bedragen.

De totale markt voor zware solovoertuigen zal dus jaarlijks ca 200 stuks bedragen. Het gemiddelde wettelijk laadvermogen zal stijgen van ca 32 ton naar ca 39,5 ton, ofwel met ca 7,5 ton (bijna 25%).

Afzetcontainers

Afzetcontainers worden hoofdzakelijk gebruikt in het vervoer van puin, bouwmaterialen en bepaalde agrarische producten. In grote lijnen gelden hier dezelfde overwegingen als bij de kippers.

Kwantiteiten

Afgaande op informatie van GINAF [18c] worden er momenteel gemiddeld 80 zware vijfassers verkocht, en daarnaast ook nog ruim 100 zware vierassers. Bij een levensduur van gemiddeld 5 jaar is het park dan ca 1.000 voertuigen groot. Ongeveer driekwart hiervan is kipper, een kwart betonmolen. Bij een gemiddelde jaarkilometrage van 40.000 is het aantal voertuigkilometers dan ca 40 miljoen. Hierbij moet worden aangetekend dat er momenteel sprake is van een hoogconjunctuur; deze berekening geeft dan ook een hoge schatting. NEA [9a] geeft aan dat er (in 1993) 460 vijfassers met een GVW > 44 ton rondreden. In dit jaar waren er nog slechts 122 vierassers met een GVW > 40 ton, dus slechts enkele tientallen met een GVW > 44 ton. Ruim de helft van deze voertuigen wordt ingezet in het eigen vervoer. Bij een jaarkilometrage van wederom 40.000 betekent dit dat er ca 20 mln voertuigkm wordt afgelegd door solovoertuigen met een GVW > 44 ton.

De 'Statistiek van het binnenlands goederenvervoer' van het CBS geeft aan dat er in 1997 in het beroepsvervoer 6,3 mln voertuigkilometers werden gereden met voertuigen met een laadvermogen tussen de 30 en 35 ton. Met het eigen vervoer erbij betekent dit ca 15 mln vkm. Circa 2 mln vkm (15% hiervan) wordt afgelegd met voertuigen met een laadvermogen > 35 ton; deze voertuigen hebben nu al een ontheffing en worden dus niet beïnvloed door een verruiming van de toegestane GVW's.

Samenvattend lijkt het aannemelijk dat bij een verruiming van het toegestane GVW tot 60 ton ca 500 solovoertuigen (ca 400 kippers en ca 100 betonmolens, goed voor in totaal ca 20 miljoen voertuigkilometers) zouden worden aangepast¹⁵. De gemiddelde kosten per ton laadvermogen zouden ca 15% dalen.

B.3 Zeecontainers

Het vervoersvolume

In het binnenlands wegvervoer neemt de 40-voeter de belangrijkste plaats in, met ca 2/3 deel van de voertuigkilometers. Vervoer van tweemaal en eenmaal 20 voet komt veel minder voor, om redenen van overbelading (zie verderop) resp. kosten.

Het gaat het in 1997 om ca 1,5 mln TEU [11]. Uitgaande van een gemiddelde ritlengte van 120 km en een gemiddelde belading van 1,75 TEU betekent dit dat er ca 100 mln beladen kilometers worden gemaakt in het binnenlands vervoer van zeecontainers. Qua ordegrrootte komt dit goed overeen met de studie van NEA uit 1993 [9a].

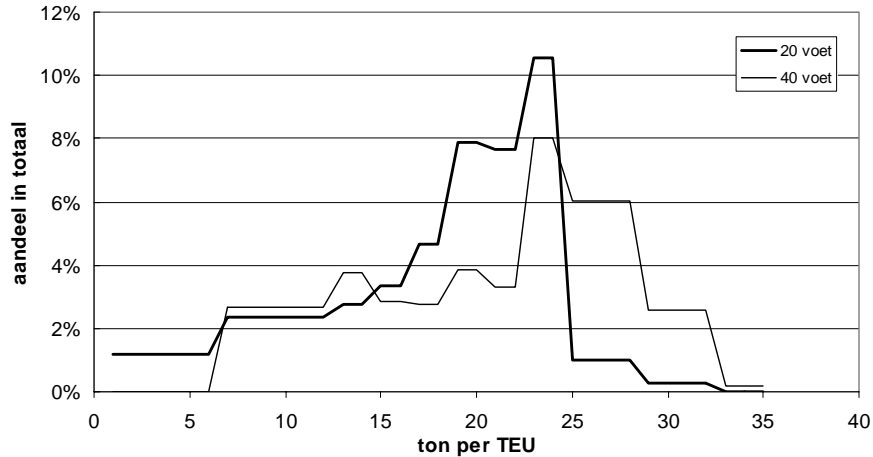
¹⁵ Dit is overigens fors minder dan wordt ingeschat in het onderzoek van NEA [9a]. We zijn echter conservatiever in de inschatting van het marktsegment waarvoor verruiming daadwerkelijk een verandering zou betekenen.



Massa's van volle containers

De gewichtsverdeling van 20- en 40 voets zeecontainers is getoond in onderstaande grafiek.

Figuur 10 Verdeling van de gewichten van 20- en 40-voets containers [1b].



De 20 voets-container (toegestane lading 24 ton) wordt vooral gebruikt voor grondstoffen en halffabrikaten. De gemiddelde massa van een (gevulde) 20 voets container is ca 17,7 ton.

De 40 voets-container (toegestane lading 30,5 ton) wordt vooral gebruikt voor eindproducten. De gemiddelde massa van een (gevulde) 40 voets container is ca 20,8 ton.

Effecten van alleen uitbreiding toegestane massa (60, 70 ton)

Het vervoer van 40 voets-containers geschiedt uitsluitend met trekker/opleggercombinaties. Het binnenlandse vervoer loopt hier niet tegen massagrenzen aan. Het laadvermogen van de zware binnenlandse trekker/opleggercombinaties is immers ca 35 ton.

In het vervoer van twee 20 voets-containers zijn er echter wel problemen. Dit vervoer vindt meestal plaats met vrachtauto/aanhangwagencombinaties. Analyse van de gewichtsverdeling van twee 20-voetscontainers wijst uit dat ze in circa de helft van de gevallen samen meer dan 35 ton wegen. Wegvervoer met deze containers is dan onmogelijk.

In slechts ca 15% van de gevallen wegen twee 20-voeters samen meer dan 44 ton, het laadvermogen van een 60 tons combinatie. Dit betekent dat in 85% in plaats van 50% van de gevallen vervoer van 2 maal 20 TEU mogelijk is, ofwel een kostendaling van ca 20%.

Combinaties van 70 ton kunnen alle vervoer van twee 20-voeters aan. De kostendaling loopt dan op tot ca 25%.

Naar verwachting zal het opschroeven van de toegestane massa's in het containervervoer dan ook vooral een substantieel effect hebben op de kosten van het vervoer van specifiek 20-voets containers. Momenteel is dit segment voor een belangrijk deel in handen van de binnenvaart.

Effecten van uitbreiding toegestane lengte

Uitbreiding van de toegestane lengte maakt het mogelijk om met 3 TEU per truck te gaan rijden.

Wanneer het toegestane totaalgewicht op 50 ton wordt gehouden zal er vooral een effect merkbaar zijn op de markt voor het vervoer van lege con-

tainers en op de markt voor vervoer van de lichtere 40 voets-containers. We laten hier het vervoer van lege containers buiten beschouwing. Bij de 40 voets-containers zal het gemiddelde overschot aan laadvermogen van een 25,25 m-combinatie ca 11 ton bedragen. In circa 20% van de gevallen zal er dan nog een 20 voets-container meegenomen kunnen worden. De kostendaling is beperkt, in de orde van 5-10%.

Bij parallelle uitbreiding van het toegestane totaalgewicht naar 60 ton zal in ca 70% van de gevallen er voldoende laadvermogen over zijn voor een additionele 20 voets-container. Tevens is in dit geval vrijwel altijd vervoer van twee 20-voeters toegestaan, en zal in een beperkt aantal gevallen het vervoer van drie 20 voets-containers mogelijk zijn.

Ten slotte zal bij parallelle uitbreiding van het toegestane totaalgewicht naar 70 ton vrijwel altijd een 40- en 20 voets-container gezamenlijk vervoerd kunnen worden, het vervoer van twee 20-voeters altijd mogelijk zijn en zal in ca 30% van de transporten met twee 20 voets-containers een derde 20-voeter kunnen worden meegenomen. Daarmee zijn kostendalingen per TEUkm van 25% realiseerbaar.

Samenvattend

Uitbreiding van de toegestane *massa* heeft alleen gevolgen voor de kostprijs van vervoer van 20 voets-containers, die vooral zijn beladen met zware, relatief laagwaardige producten. Uitbreiding tot 60 resp. 70 ton maakt het vervoer van 20-voeters ca 20 resp. 25% goedkoper (geen effect op 40-voeters). Momenteel vormen 20-voeters mede als gevolg van de massarestrictie slechts een beperkte markt voor het wegvervoer.

Uitbreiding van de toegestane *laadlengte* heeft vooral gevolgen voor de kostprijs van vervoer van lichte containers, zowel 20- als 40-voeters. Naarmate parallel de toegestane massa wordt opgeschroefd, neemt het aantal vervoersmogelijkheden en daarmee de kostendaling toe. Bij de 50, 60- en 70 tons-variant zijn de gemiddelde allover kostendalingen ca 5%, 20% resp. 25%.



C Modelbeschrijving

C.1 Energiegebruik en emissies van de binnenvaart

Bij de berekeningen van het energiegebruik van de binnenvaart, is uitgegaan van een Europaschip. Dit is een karakteristiek schip voor het containervervoer met een capaciteit van 100 TEU, met een motorvermogen van 1.000 pk.

Voor het gebruik van dit schip zijn de volgende aannames gedaan:
bergvaart:

- beladingsgraad 60%;
- percentage ingezet motorvermogen 80%;
- snelheid 12 km/h;

dalvaart:

- beladingsgraad 35%;
- percentage ingezet motorvermogen 45%;
- snelheid 18 km/h;

berg- en dalvaart: 9 gr NO_x/kWh.

Uit het ingezette motorvermogen wordt de energievraag per seconde berekend. Door dit te combineren met de snelheid kan de energievraag per kilometer worden berekend, en via de energievraag de CO₂ en de NO_x-emissies per tonkilometer.

Het totale energiegebruik en de emissies zijn het gewogen gemiddelde voor een berg- en een dalvaart.

De berekeningsresultaten zijn hieronder weergegeven.

massa van de lading:

lading [ton] = beladingsgraad * maximaal laadvermogen [aantal TEU] * 10 [ton/TEU]

gevraagd motorvermogen:

$P_{\text{motor}} [\text{MJ/s}] = P_{\text{max}} [\text{pk}] * \text{percentage ingezet vermogen} * 0,735 / 400$

energie per tonkilometer:

$E [\text{MJ/km}] = P_{\text{motor}} * \text{aantal seconden per kilometer/belading} [\text{ton}]$

CO₂ emissie:

$\text{CO}_2 [\text{kg/tonkm}] = E * 0,0733$

NO_x emissie:

$\text{NO}_x [\text{gr/tonkm}] = E * 9 [\text{gr/kWh}] * 0,4/3,6$

C.2 Energiegebruik en emissies vrachtauto's

De berekening van het energiegebruik van vrachtauto's en de daarbij behorende emissies worden uitgerekend aan de hand van een onderdeel van het model CLEAR¹⁶. Van oorsprong is dit model bedoeld voor het doorrekenen van voertuigparken en niet zozeer voor de berekening van één type truck. De meeste aanpassingen hebben dan ook te maken met het vereenvoudigen van de informatiestroom binnen het model. Er is maar één blad uit de spreadsheet overgenomen (het blad waarop het energiegebruik van een bepaald type truck in een bepaald jaar wordt uitgerekend) en daar zijn berekeningen van de emissies aan toegevoegd. Tevens is er de mogelijkheid in opgenomen om de truck een vaste hoeveelheid energie te laten gebruiken t.b.v. bijvoorbeeld een koelinstallatie. Deze energie wordt door de motor geleverd en komt dus ten laste van het dieselgebruik en de emissies van de truck.

De berekening van het dynamische vermogen is aangepast. In eerste instantie werd het dynamische vermogen (het vermogen dat nodig is om tijdens de rit af en toe te versnellen) berekend aan de hand van een constante die werd vermenigvuldigt met de snelheid. Aannemelijker is dat de hoeveelheid dynamisch vermogen samenhangt met de verhouding tussen het al geleverde vermogen en het maximale vermogen van de wagen. Om dit te bepalen wordt eerst de vermogensvraag t.b.v. de rol- en luchtweerstand bepaald, deze wordt gedeeld door het maximale vermogen van de wagen, zodat een getal ontstaat met de minimale waarde nul en de maximale waarde een. Deze fractie dient als input voor een kwadratische functie ($f(x)=35x^2-70x+35$), die $f(0)=35$ kW als startwaarde heeft. Deze 35 kW was (ongeveer) het uitgangsgetal in de vorige situatie bij lage snelheden.

Berekeningen in het vrachtautomodel.

Om het energiegebruik, de CO₂ en de NO_x-emissies uit te rekenen worden de volgende formules gebruikt:

constanten:

zwaartekracht	g	9,83	[m/s ²]
dichtheid lucht	rho	1,23	[kg/m ³]
rolweerstandcoëfficiënt f_{rol}		5,4E-4	
luchtweerstandcoëfficiënt	C_w	0,95	
oppervlak vrachtauto A		10	[m ²]
energie-inhoud diesel	H	42,7	[kJ/g]
rendement transmissie	n_{trans}		
rendement raffinage	n_{raf}	0,94	
CO ₂ per kilogram diesel CO _{2,d}		3,13	[kg/kg]
NO _x volgens Euro 3	NO _{x,E3}	5	[g/kWh]

variabelen:

snelheid	v	[m/s]
massa totaal	m_{tot}	[kg]
massa lading	m_{lad}	[kg]
maximaal motorvermogen	P_{max}	[kW]
vermogen voor diverse	P_{aux}	[kW]
CO ₂ van het raffinageproces	CO _{2,raf}	[g/GJ]
NO _x van het raffinageproces	NO _{x,raf}	[g/GJ]

¹⁶ CLEAR is gebaseerd op ATTACK, een model dat door NEI en TNO is ontwikkeld t.b.v. de berekening van de emissies van het Nederlandse vrachtopark. Voor de aanpassingen van CLEAR t.o.v. ATTACK zie bijlage D.



rolweerstandvermogen

$$P_{rol} = f_{rol} \cdot g \cdot m \cdot v \text{ [kW]}$$

luchtweerstandvermogen

$$P_{lucht} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot C_w \cdot v^3 \text{ [kW]}$$

dynamisch vermogen

$$P_{dyn} = 35 \cdot (P_g/P_{max})^2 - 70(P_g/P_{max}) + 35 \text{ [kW]}$$

totaal gevraagd vermogen

$$P_{tot} = P_{rol} + P_{lucht} + P_{dyn} + P_{aux} \text{ [kW]}$$

slagvolume

$$V = 2,5 + 0,3 \cdot m_{tot} \text{ [l]}$$

rendement motor

als het maximum motorvermogen kleiner is dan 400 pk en niet meer dan de helft van het motorvermogen wordt gevraagd dan:

$$n_{weg} = 0,25 + 0,0001 \cdot P_{max} + 0,15 \cdot (P_{tot} / (P_{max} \cdot 50\%))^0,6$$

anders

$$n_{weg} = 0,29 + 0,15 \cdot (P_{tot} / (P_{max} \cdot 50\%))^0,6$$

stationair brandstofverbruik

$$B_0 = 400 + 72,5 \cdot V \text{ [g/h]}$$

brandstofverbruik

$$B = B_0 + (P_{tot} \cdot H) / (n_{trans} \cdot n_{weg}) / v \text{ [g/km]}$$

energie per tonkilometer

$$E = (B \cdot H / m_{lad}) / n_{raf} \text{ [kJ/tonkm]}$$

CO₂ per tonkilometer

$$CO_{2,tonkm} = E \cdot CO_{2,raf} + B \cdot CO_{2,d} / m_{lad} \text{ [kg]}$$

NO_x per tonkilometer

$$NO_{x,tonkm} = E \cdot NO_{x,raf} + B \cdot H \cdot v \cdot NO_{x,E3} \text{ [g/tonkm]}$$

C.3 Energie en emissies railgoederenvervoer

Voor de berekening van de emissies en het energiegebruik van het railverkeer wordt gebruik gemaakt van een model dat eerder is ontwikkeld om een vergelijking te maken tussen diesel-elektrische tractie en gewone elektrische tractie (met 1500V_{dc} en 25kV_{ac}). Het model is uitgebreid met de mogelijkheid om een complete trein samen te stellen uit een aantal wagons van een bepaald type (container, stukgoed, kolen of erts), met een totale hoeveelheid lading. Aan de hand van het tractietype, het aantal wagons en de lading wordt nu de energievraag voor bij een bepaalde snelheid uitgerekend. Aan die energievraag kunnen dan weer de emissies worden gehangen. Voor de berekening van de energievraag (de lucht en rolweerstand van de trein), zijn de gegevens gebruikt uit P. van Laar (1993).

Het dynamische vermogen (voor optrekken) van een trein wordt bepaald door de massa, de eindsnelheid en de frequentie waarmee de trein stopt en optrekt. Bij de berekening van de benodigde energie t.b.v. het optrekken moet ook rekening worden gehouden met het feit dat tegenover één keer

optrekken ook een stop staat, waarbij er 'gratis' kilometers worden afgelegd. Een tweede aandachtspunt is dat door de lagere snelheid tijdens het optrekken de luchtweerstand lager is dan bij het afleggen van deze afstand met een hoge snelheid. Als beide aspecten in rekening worden gebracht, dan blijkt de invloed van een start-stop cyclus verwaarloosbaar.

De hieronder weergegeven formules zijn gebruikt om het energiegebruik en de emissies van een diesel/elektrische locomotief uit te rekenen. Voor dezelfde berekeningen van een elektrische locomotief, moet de CO₂ en NO_x t.g.v. raffinage en verbranding van diesel worden vervangen door die van de elektriciteitsopwekking.

Overall waar trein staat, wordt de combinatie van wagons bedoeld, zonder locomotief.

constanten:

zwaartekracht	g	9,83	[m/s ²]
rendement loc	n _{loc}	{DE:0,30;E1500:0,36; E25k:0,39}	
oppervlak loc	A	11	[m ²]
energie-inhoud diesel	H	42,7	[MJ/kg]
CO ₂ t.g.v. raffinage	CO _{2,raf}	5,27	[kg/GJ diesel]
NO _x t.g.v. raffinage	NO _{x,raf}	1,37	[g/GJ diesel]
CO ₂ t.g.v. dieselgebruik	CO _{2,verb}	73,3	[kg/GJ diesel]
NO _x t.g.v. dieselgebruik	NO _{x,verb}	1250	[g/GJ diesel]
CO ₂ t.g.v. elektriciteitsopw.	CO _{2,el}	568	[g/kWh]
NO _x t.g.v. elektriciteitsopw.	NO _{x,el}	476	[g/kWh]
loopweerstand trein	f _l	1,65E-3	
rolweerstand loc	f _{r,loc}	6,85E-4	
luchtweerstand trein	f _L	{cont.,stukg.,kolen:4,8E-5; erts:4,0E-5}	

variabelen:

aantal wagons	x	[#]
massa wagon	m _{wagon}	[kg]
massa trein plus max.lading	m _{max}	[kg]
snelheid	v	[m/s]

massa trein

$$m_{t,tot} = x \cdot m_{wagon}$$

loopweerstand trein

$$F_{l,trein} = g \cdot m_{t,tot} \cdot f_l$$

rolweerstand loc

$$F_{r,loc} = f_{r,loc} \cdot g \cdot m_{loc}$$

luchtweerstand trein

$$F_{L,trein} = f_L \cdot m_{max} \cdot v^2$$

luchtweerstand loc

$$F_{L,loc} = 0,42 \cdot A \cdot v^2$$

gevraagd vermogen

$$P = (F_{l,trein} + F_{r,loc} + F_{L,trein} + (F_{L,loc}) \cdot n_{loc})$$

energie per tonkm

$$E = P/v + E_{versnel}$$



CO₂ per tonkm
 $CO_{2,tonkm} = E.(CO_{2,raf}+CO_{2,verb})$

NO_x per tonkm
 $NO_{x,tonkm} = E.(NO_{x,raf}+NO_{x,verb})$



D Verschillen CLEAR t.o.v. ATTACK

D.1 Inleiding

De in CLEAR gebruikte emissiefactoren zijn afgeleid uit ATTACK 2.0. Er zijn echter enige verschillen met emissiefactoren die in ATTACK 2.0 zijn gebruikt. Deze verschillen en de waarde van de emissiefactoren in CLEAR komen in dit hoofdstuk aan de orde. De resultaten van de emissieberekeningen met CLEAR staan in het volgende hoofdstuk.

CLEAR verschilt op een aantal punten van het ATTACK 2.0-model, dat door het NEI is ontwikkeld en waarvoor TNO-WT de technische invoergegevens heeft geleverd. Onderliggende rapporten van ATTACK 2.0 zijn [6,7].

De verschillen zijn op te splitsen in functionele verschillen en verschillen in de rekenmethode.

In onderstaande subparagrafen worden beide verschillen toegelicht.

D.2 Functionele verschillen

ATTACK 2.0 heeft als invoer een drietal economische scenario's (ontwikkeld door CPB) die leiden tot een bepaald vervoersvolume (in tonkilometers). Dit vervoersvolume wordt vervolgens omgerekend via een economische module (waaruit beladingsgraden volgen) omgerekend naar voertuigkilometers.

CLEAR heeft de uit ATTACK 2.0 resulterende voertuigkilometers als invoer. Deze voertuigkilometers (het verkeersvolume) zijn dus een soort 'black box'. CLEAR gaat eigenlijk exclusief op bronbeleid in, niet op logistiek, modal split of rijgedragbeleid.

Als gevolg van deze exclusieve fixatie op bronbeleid gaat CLEAR hierin ook een stukje verder dan ATTACK 2.0. Het belangrijkste verschil zit hem erin dat de milieurelevante gegevens van de voertuigen per milieucategorie apart kunnen worden ingesteld. Zo kan bijvoorbeeld een 'snellere' overlevingscurve van vuilere voertuigen, en een minder snelle van schone voertuigen worden ingevoerd. Ook kan de gemiddelde jaarkilometrage niet alleen per voertuigcategorie maar ook per milieuklasse worden gedifferentieerd. Daarnaast is een aantal milieutechnische preciseringen doorgevoerd, die in de volgende paragraaf aan de orde komen.

D.3 Technische verschillen

De verschillende voertuigcategorieën zijn in CLEAR anders ingedeeld dan bij ATTACK 2.0. ATTACK 2.0 kent, net als CLEAR, 4 voertuigtypen, maar deelt de vrachtauto's in < 10 ton, 10-20 ton en > 20 ton GVW (CLEAR < 7,5 ton, 7,5-12 ton, > 12 ton). Dit heeft uiteraard ook consequenties voor laadvermogen e.d..

In CLEAR is een aparte analyse gedaan voor de samenstelling van het park in milieuklassen, bij ATTACK 2.0 niet. De wijze waarop bij ATTACK 2.0 milieuklassen verwerkt zijn is niet eenduidig uit de ATTACK-rapportage te distilleren.

Ten slotte zijn in CLEAR enkele aanpassingen gedaan op de emissiefactoren van ATTACK 2.0. Bij de evaluatie van ATTACK 2.0 bleek namelijk dat ATTACK 2.0 op enkele punten tot substantieel lagere emissies kwam dan tot dusverre uit statistieken en ander materiaal bleek. Deze aanpassingen zijn:

- De PM_{10} -emissiefactoren in CLEAR zijn verhoogd ten opzichte van ATTACK 2.0. De emissiefactoren van ATTACK 2.0 zijn gebaseerd op motortesten van TNO-WT met de zogenoemde '13 mode'-test (een stationaire cyclus). Aangezien een groot deel van de PM_{10} -emissie vrijkomt bij acceleratie geven '13 mode'-resultaten een onderschatting. De correctie is gebaseerd op de verschillen in PM_{10} -emissie bij de nieuwe Europese dynamische testcyclus en de oude '13 mode'-cyclus. Volgens de Europese Commissie [5] is de PM_{10} -emissie bij de dynamische (ETC) test 60% hoger dan bij de '13 mode'-test. De ETC-test kent aandelen stad/snelweg/overige wegen van 13/48/39%. Om over de drie wegsoorten gemiddeld 60% ophoging te verkrijgen hebben we de emissiefactoren stad/snelweg/overige wegen met 3,0/1,5/1,3 verhoogd.
- De ATTACK 2.0-formule voor slagvolume is naar beneden aangepast omdat de oude formule erg hoge resultaten gaf voor grote vrachtauto's en trekkers.
- In ATTACK 2.0 is aangenomen dat de NO_x - en PM_{10} -emissie van Euro 0-motoren 27 resp. 57% hoger is dan die van Euro 1-motoren. Gezien het feit dat Euro 1-motoren in de 13 mode-test gemiddeld ca 7,9 g No en 0,25 g PM_{10} emitteren, zou dit betekenen dat Euro 0-motoren NO_x - en PM_{10} -emissies van ongeveer 10 resp. 0,4 g/kWh zouden hebben. Metingen aan oude motoren wijzen echter uit dat dit eerder in de orde van 12 resp. 0,6 ligt. Om deze reden hebben wij de meeremissie van NO_x en PM_{10} van Euro 0-motoren t.o.v. Euro 1-motoren opgehoogd naar 50 resp. 100%.
- CLEAR kent nog een extra emissiecategorie SELA 9. Bij deze categorie is verondersteld dat de NO_x - en PM_{10} -emissies 25 resp. 35% lager zijn dan die van Euro 0-motoren.
- De ATTACK 2.0-formules voor het motorrendement zijn gemiddeld enkele procentpunten naar beneden bijgesteld. Het bleek namelijk dat het brandstofverbruik in de praktijk (volgens enquêtes) hoger bleek dan volgens het model. De reden voor de verlaging van dit rendement schuilt erin dat de ATTACK 2.0-rendementen gebaseerd zijn op emissietesten aan losse motoren. In de praktijk zal het gemiddelde motorrendement lager zijn dan op de motorentestbank, mede omdat de motor in het voertuig nog andere functies dan voortstuwing heeft (airco, remmen, hydrauliek, verlichting, koeling etc.).

E EU emissie-eisen nieuwe vrachtautomotoren

Tabel 21 Emissie-eisen voor nieuwe motoren voor wegvoertuigen met een GVW > 3,5 ton, vroeger, nu en in de toekomst

Richtlijn		NM ^a	AP ^a	emissienorm (g/kWh)							
				NO _x		PM		HC		CO	
				TA ^b	COP ^b	TA	COP	TA	COP	TA	COP
ECE 49 ('Euro 0')		1982		18,0	-	-	-	3,50	-	14,0	-
88/77/EEC ('Euro 0')		04.88	10.90	14,4	15,8	-	-	2,40	2,64	11,4	13,2
'Euro 1'	≤ 85 kW	07.92	10.93	8,0	9,0	0,36	0,40	1,10	1,23	4,5	4,9
	> 85 kW					0,61	0,68				
'Euro 2'	≤ 85 kW	10.95	10.96	7,0	0,15		1,10	4,0			
	> 85 kW				0,26						
'Euro 2'-norm bij nieuwe testcycli (fictief)	ESC/ELR ^d			7,2	0,14		0,94	3,0			
	ETC ^d				0,23		1,21	7,8			
'Euro 3' ^f	ESC/ELR	10.00	10.01	5,0	0,10/0,13 ^e		0,66	2,1			
	ETC ^g				0,16/0,21 ^e		0,85	5,45			
'Euro 4' ^f	ESC/ELR	10.05	10.06	3,5	0,02		0,46	1,5			
	ETC ^g				0,03		0,55	4,0			
'Euro 5' ^f	ESC/ELR	10.08	10.09	2,0	0,02		0,46	1,5			
	ETC ^g				0,03		0,55	4,0			
EEV ^{f,h}	ESC/ELR			2,0	0,02		0,25	1,5			
	ETC ^g						0,40	3,0			

^a NM: New model, datum waarop nieuwe typekeuringen aan de eisen moeten voldoen.
AP: All Production, datum waarop alle nieuwe op de markt verschijnende motoren aan de eis moeten voldoen.

^b TA: Type Approval, norm voor typekeuringsmotor.

COP: Conformity of Production, norm voor iedere willekeurige productiemotor.

^c Voor motoren met een cilinderinhoud < 0,7 l en een maximaal toerental boven 3.000 min⁻¹ mochten tot 1 oktober 1999 nog exemplaren met een PM-emissie van 0,25 g/kWh geproduceerd worden.

^d ESC: European Steady State Cycle, nieuwe Europese 13 mode stationaire emissietest, met andere meetpunten en andere weegfactoren dan de huidige ECE 49 '13 mode'-test.

ELR: European Load Response, nieuwe Europese emissietest waarbij een snel toenemende belasting op de motor wordt aangebracht en het toerental zo goed mogelijk constant wordt gehouden.

ETC: European Transient Cycle, nieuwe Europese dynamische emissietest met 10 minuten stadsbedrijf, 10 minuten buitenwegbedrijf en 10 minuten snelwegbedrijf. Deze test wordt alleen afgenomen bij motoren die zijn voorzien van 'geavanceerde uitlaatgasbehandelingssystemen zoals DeNO_x-systemen of deeltjesfilters' en ook bij aardgasmotoren.

^e Het tweede getal geldt voor motoren met een cilinderinhoud < 0,75 l en een maximaal toerental boven 3.000 min⁻¹.

- f Voorlopige overeenkomst tussen Milieuraad en Europees Parlement. Nog niet formeel bekrachtigd.
- g EEV: Enhanced Environmentally-friendly Vehicles, die nationale overheden kunnen opleggen aan bijvoorbeeld LPG-voertuigen of stadsdistributievoertuigen
- h HC-eisen exclusief methaan

