

**CE**  
**Centrum voor**  
**energiebesparing en**  
**schone technologie**

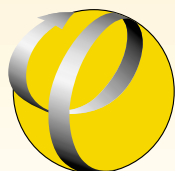
Oude Delft 180  
2611 HH Delft  
Tel: (015) 2 150 150  
Fax: (015) 2 150 151  
E-mail: [ce@antenna.nl](mailto:ce@antenna.nl)  
URL: <http://antenna.nl/ce>

**Maatschappelijke baten**  
**van ondergrondse**  
**logistieke systemen**  
CE-bijdrage IPOT-project

**Rapport**

Delft, februari 2000

Opgesteld door: J.H.J. Roos  
F.G.P. Corten  
W.J. Dijkstra



# Colofon

Bibliotheekgegevens rapport:

J.H.J. Roos, F.G.P. Corten, W.J. Dijkstra

Maatschappelijke baten van ondergrondse logistieke systemen, CE-bijdrage  
IPOT-project

Delft : Centrum voor energiebesparing en schone technologie, 2000

Goederenvervoer / Ondergronds / Logistiek / Maatschappelijke factoren /  
Meetmethoden / Analyse / Beleid / Besluitvorming / Energieverbruik / Emis-  
sies / Rendement / Veiligheid / Files

Dit rapport kost f 30,00 (€ 13,61) (exclusief verzendkosten).

Publicatienummer: 00.4421.08

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: Novem

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider  
J.H.J. Roos.

© 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. Inzicht in de verschillende maatschappelijke belangen is daarbij essentieel.

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

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

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

# Inhoud

Samenvatting	1
1 Inleiding	5
2 Kanttekeningen	7
2.1 Algemene kritische opmerkingen vooraf door CE	7
2.2 Reactie CE op Maatschappelijke effecten TNO Bouw (fase 1)	10
2.3 Reactie CE op onderzoeksopzet IPOT fase 2	11
2.4 Maatschappelijke kosten-batenanalyse	13
3 Maatschappelijke effecten OLS	21
3.1 Inventarisatie maatschappelijke effecten	21
3.2 Relevante maar methodisch weinig onderzochte effecten	23
4 Suggesties voor het referentiescenario	25
4.1 Inleiding	25
4.2 Verwachtingen t.a.v. doelstellingen	25
4.3 Scenario-ingrediënten	26
4.4 Mogelijke scenario-uitkomsten	28
5 Direct en indirect energiegebruik	31
5.1 Inleiding	31
5.2 Direct energiegebruik	31
5.3 Indirect Energiegebruik	35
5.4 Berekening indirect energiegebruik OLS met de IOEA-methode	38
5.5 Vergelijking totaal energiegebruik (direct + indirect)	41
5.6 Conclusie energie-analyse	41
6 Conclusies en aanbevelingen	43
6.1 Conclusies	43
6.2 Aanbevelingen	46
Literatuur	47
A Direct energiegebruik en emissies wegtransport	51
B Berekening indirect energiegebruik OLS	57



# Samenvatting

Ondergrondse logistieke systemen (OLS) bieden in potentie een aantal interessante maatschappelijke baten in het landelijke maar waarschijnlijk vooral ook in het stedelijke gebied. OLS is een verzamelnaam voor allerlei systemen waarbij stukgoederen op pallets voor een groot deel automatisch en op een aantal trajectdelen ook ondergronds worden vervoerd. Men kan bij de maatschappelijke baten denken aan vermindering van de congestie (binnen en buiten de stad), vermindering van het energiegebruik, verhoging van de efficiency en de betrouwbaarheid van het transport etc. Het CE is door Novem gevraagd om een verkennend onderzoek te doen naar enkele van deze maatschappelijke baten. Het onderzoek past in het kader van het Interdepartementaal Project Ondergronds Transport (IPOT) en is ook begeleid vanuit dit programma.

Het onderzoek betrof de volgende deelonderwerpen:

- het kritisch bekijken van de algemene IPOT-projectopzet en het eventueel doen van aanbevelingen daaromtrent;
- het inventariseren van maatschappelijke effecten die optreden in de situatie met en zonder (=referentie) grootschalig ondergronds transport van stukgoederen;
- het selecteren van enkele maatschappelijke effecten die nader onderzoek behoeven omdat ze naar verwachting belangrijk zijn en methodisch of qua uitwerking relatief onbekend zijn. Uiteindelijk is door de opdrachtgever het directe en het indirecte energiegebruik van OLS in vergelijking met conventionele vervoerswijzen geselecteerd voor nader onderzoek;
- het zoeken naar *methoden* om bovengenoemde effecten te kwantificeren, te moneteriseren of op andere wijze qua grootte in te schatten;
- het geven van advies over *methoden* voor de integrale afweging van kosten en baten ter ondersteuning van de politieke keuze om wel of niet te investeren in een systeem voor ondergronds stukgoederentransport;
- het geven van een algemene reactie op relevante concept-rapportages in IPOT-kader.

## *Conclusie t.a.v. doelen van OLS*

Uit de informatie waar het CE over kon beschikken, blijkt niet expliciet aan welke beleidsdoelen de inzet van OLS een bijdrage moet gaan leveren en ook niet hoe groot die bijdrage moet zijn. Ook wordt niet duidelijk welke doelen de meeste prioriteit hebben. Verder is nog niet duidelijk op welke wijze ondergronds stukgoederentransport een significante bijdrage kan leveren aan de verbetering van de bereikbaarheid en de verbetering van de kwaliteit van het leefmilieu. De vraag is hoe de overheid met het 'instrument' ondergronds stukgoederentransport op de verbetering van deze aspecten kan sturen en welke randvoorwaarden daarbij noodzakelijk zijn.

## *Conclusie t.a.v. algemene IPOT-onderzoeksopzet*

De kanttekeningen die het CE heeft geplaatst bij algemene onderzoeksopzet van fase 2 van het IPOT-project hebben vrijwel alle betrekking op de CE-aanbeveling om een zo volledig mogelijk maatschappelijke kostenbatenanalyse (MKBA) uit te voeren. Indien daartoe wordt besloten, is meer aandacht nodig voor: de schatting van de investeringskosten, financiële waardering van de milieu-effecten (positief en negatief), rebound-effecten (ongewenste neven-effecten, zoals bijvoorbeeld het benutten van in de stad

vrijgekomen ruimte door het personenverkeer) en de invulling en kwaliteit van het referentiescenario. Het CE heeft een voorzet gedaan voor een aantal relevante ingrediënten van het referentiescenario.

*Conclusie t.a.v. maatschappelijke effecten van OLS die mogelijk belangrijk zijn maar die methodisch weinig onderzocht zijn*

Op basis van een vooral intuïtieve inschatting van het CE zijn erg belangrijke effecten van ondergronds stukgoederentransport in elk geval:

- kosten en effecten (bijv. geluidhinder, ruimtebeslag) van overslag van en naar een systeem voor ondergronds stukgoederentransport en van het benodigde voor- en natransport;
- invloed op de ontwikkeling van reizigerskilometers (hier kan een zg. rebound-effect optreden wanneer het personenverkeer op korte termijn de ruimte inneemt die ontstaat doordat er door OLS minder bovengronds goederenvervoer resteert);
- invloed van ondergronds stukgoederentransport op de modal shift van het goederenvervoer;
- invloed op de benutting van de infrastructuur;
- ruimtelijke kwaliteit (aanbod, gebruik, efficiënt gebruik, effecten op de bovengrondse infrastructuur nadat er een ondergrondse infrastructuur is aangelegd, landschappelijke waarden);
- energiegebruik: direct en indirect;
- effect op de stedelijke luchtkwaliteit: emissies en volksgezondheid;
- effect op de verkeersveiligheid.

Methodisch is er naar inschatting van bovenstaande belangrijke onderwerpen volgens het CE weinig bekend van de volgende onderwerpen:

- ruimtelijke kwaliteit (aanbod, gebruik, efficiënt gebruik, effecten op de bovengrondse infrastructuur nadat er een ondergrondse infrastructuur is aangelegd, landschappelijke waarden);
- invloed op de ontwikkeling van reizigerskilometers (reboundeffect);
- energiegebruik: direct en indirect.

Het CE heeft op verzoek van de opdrachtgever een verkenning uitgevoerd naar een indicatie voor het directe en indirecte energiegebruik van bovengronds- en ondergronds vervoer stukgoederenvervoer.

#### *Methode voor de bepaling van het directe en indirecte energiegebruik*

Het directe energiegebruik van OLS en conventionele vervoersvormen voor stukgoederen zijn geschat op basis van beschikbare literatuurbronnen. Na literatuurrecherche zijn twee mogelijk bruikbare methoden gevonden voor de bepaling van het *indirecte* energiegebruik: de 'Proces Energie Analyse' (PEA) en de 'Input-Output Energy Analysis' (IOEA). Bij de IOEA wordt de economie opgebouwd gedacht uit verschillende sectoren. De energie-input en de energie-output van elke sector, gebaseerd op de fysieke processen in de economie, wordt gerepresenteerd door de verhouding van het energiegebruik en de geldelijke waarde van de goederen en diensten die worden geproduceerd. De methode kan worden toegepast voor het berekenen van het indirecte energiegebruik van ondergronds stukgoederentransport (in MJ/tonkm) door de investeringsbedragen voor de verschillende onderdelen te vermenigvuldigen met de genoemde energie-intensiteiten, deze bij elkaar op te tellen en te delen door de vervoersprestatie. Daarbij spelen slechts enkele economische sectoren een rol de sector voertuigbouw (Energie-intensiteit 4,0 MJ/geïnvesteerde  $f$ ) en de sector Constructie en Installatie (4,41MJ/ $f$ ). Er zijn bij de berekening verder enige aannamen nodig over de levensduur van de onderdelen (in jaren) en de onderhoudskosten gedurende de levensduur. Een zwak punt is de afhankelijkheid van de vaak slechte investeringsramingen van grote bouwprojecten. De Proces Energie Analyse

kijkt naar de hoeveelheid energie die nodig was of is om de materialen te produceren en te verwerken voor de bouw en het onderhoud van de infrastructuur en de benodigde voertuigen. Deze methode werkt waarschijnlijk nauwkeuriger dan de voorgaande methode maar vraagt dan ook veel meer informatie. In principe moet men voor het gebruik van de PEA-methode weten hoeveel materiaal van welke soort in het project wordt verwerkt. Zwakke punten zijn de grote gegevensbehoefte, de onbekendheid van de precieze uitvoering in de fase van het voorlopig ontwerp van een project en afhankelijkheid van de wijze waarop het betreffende materiaal wordt gemaakt (hergebruik, land van herkomst, ..).

#### *Resultaten van de bepaling van het directe en indirecte energiegebruik van OLS*

Op grond van een groot aantal gedocumenteerde uitgangspunten is door het CE een energie-analyse uitgevoerd waarbij voor het indirecte gebruik de IOEA-methode is toegepast. Het resultaat van deze analyse wordt in onderstaande tabel weergegeven.

Tabel 1 Indicatie energiegebruik OLS (alle cijfers in MJ/tonkm)

Type verbindend netwerk	lokaal netwerk (=ondergronds)		verbindend netwerk		totaal stedelijk en verbindend, gewogen naar aandeel in de keten		totaal, direct + indirect energiegebruik
	direct	indirect	direct	indirect	direct	indirect	
Ondergronds	1,0	16	1,0	3,7	1,0	5,3	6,3
Rail-combi		13	0,7	0,3	0,7	1,6	2,3
Binnenvaart		32	0,4	0,3	0,5	3,5	4,0
Combi-road		13	1,3	0,5	1,3	2,1	3,4

Er zijn vier OLS-varianten doorgerekend die verschillen in het verbindend netwerk. Lokaal worden de stukgoederen ondergronds vervoerd en interlokaal op vier manieren: ook ondergronds (of in elk geval door buisleidingen), in een gemoderniseerd railsysteem waarmee reizigers én containers worden vervoerd, met binnenvaartschepen en, tot slot, met onbemande geleide vrachtwagens op eigen banen. Het directe energiegebruik van OLS blijkt in dezelfde grootte-orde te liggen van het huidige gemiddelde directe energiegebruik van het wegvervoer (1,3 MJ/tonkm). Het *indirecte* energiegebruik van OLS ligt echter naar verwachting een aantal malen hoger dan het indirecte energiegebruik van het wegtransport (gemiddeld 0,5 MJ/tonkm). De reden hiervan is dat voor OLS een nieuwe eigen infrastructuur nodig is die relatief veel materiaal vergt in verhouding tot het gebruik dat er van wordt gemaakt. Het totale indicatieve energiegebruik van OLS ligt, indicatief, daarmee bijna gelijk tot drie keer zo hoog per tonkilometer dan het gemiddelde gebruik van het huidige wegtransport (afhankelijk van het type verbindend netwerk).

Overigens is hiermee nog niet gezegd dat OLS mogelijk niet zinvol zou zijn, immers het gaat om de integrale afweging van alle maatschappelijke kosten en baten van OLS in vergelijking met een referentiesituatie. Energie is daarbij slechts een van de maatschappelijke aspecten.

## **Aanbevelingen**

Op basis van de uitgevoerde studie doet het CE enkele aanbevelingen:

- het door IPOT expliciteren van de beoogde bijdrage van ondergronds stukgoederentransport aan de diverse beleidsdoelen voor CO<sub>2</sub>-reductie, verbetering van de leefomgeving, behoud van de vitaliteit van de binnensteden etc.;
- het is zinvol om de mogelijke voordelen te beargumenteren van een systeem voor ondergronds stukgoederentransport in vergelijking met andere maatregelen die eenzelfde bijdrage (kunnen) leveren aan bovengenoemde beleidsdoelen;
- het door IPOT op een aantal punten aanvullen en aanpassen van de kosten-batenanalyse (m.n. verbetering referentiescenario, hanteren geschikte discontovoet, monetarisering van emissies en verkeersonveiligheid) zodat een compleet mogelijke analyse ontstaat;
- het doen van onderzoek naar de randvoorwaarden die nodig zijn om ondergronds stukgoederentransport in de zeer sterk concurrerende omgeving (te weten het wegtransport) een substantieel marktaandeel te laten verwerven. Er kunnen diverse randvoorwaarden nodig blijken te zijn: prijsprikkels zoals een kilometerheffing in het goederenvervoer, subsidies, beperking van venstertijden in en toegang tot binnensteden, etc.;
- het leren van de positieve en negatieve ervaringen met stadsdistributiecentra. Een ondergronds stukgoederentransportsysteem zal immers ook een fijn distributiesysteem over de weg nodig hebben om de adressen zonder ondergrondse aansluiting te kunnen bedienen.





# 1 Inleiding

Het CE is gevraagd om een bijdrage te leveren aan het haalbaarheidsonderzoek naar het ondergronds transport van stukgoederen dat onder supervisie van de Interdepartementale Projectorganisatie Ondergronds Transport (fase 2) wordt uitgevoerd. Deze CE-studie wordt echter uitgevoerd in opdracht en onder verantwoordelijkheid van Novem.

De CE-bijdrage is tweemaal op een aantal punten aangepast ten opzichte van de oorspronkelijke offerte aan Novem. De definitieve bijdrage van het CE is meerledig:

- het kritisch bekijken van de algemene projectopzet en het eventueel doen van aanbevelingen daaromtrent;
- het inventariseren van maatschappelijke effecten die optreden in de situatie met en zonder (=referentie) grootschalig ondergronds transport van stukgoederen;
- het selecteren van enkele maatschappelijke effecten die nader onderzoek behoeven omdat ze naar verwachting belangrijk zijn en methodisch of qua uitwerking relatief onbekend zijn;
- het zoeken naar *methoden* om bovengenoemde effecten te kwantificeren, te moneteriseren of op andere wijze qua grootte in te schatten;
- het geven van advies over *methoden* voor de integrale afweging van kosten en baten ter ondersteuning van de politieke keuze om wel of niet te investeren in een systeem voor ondergronds stukgoederentransport;
- het geven van een algemene reactie op twee andere, voor dit onderwerp relevante, concept-rapportages in IPOT-kader.

## *Ad Algemene projectopzet IPOT fase 2*

Het CE heeft een eigen beoordeling gemaakt van de algemene projectopzet aan de hand van figuur 1 van de notitie 'Offerte-aanvraag IPOT, Maatschappelijke effecten van Landelijk Netwerk OTB' en de commentaren van RIVM en CBP op de eerste fase van IPOT.

## *Ad Inventarisatie maatschappelijke effecten*

De notitie 'Offerte-aanvraag IPOT, Maatschappelijke effecten van Landelijk Netwerk OTB' geeft in Tabel 1 een overzicht van mogelijke maatschappelijke effecten van ondergronds stukgoederentransport. Het CE heeft deze tabel gebruikt voor het benoemen van de posten in een gedetailleerde balans van maatschappelijke kosten en baten van de referentiesituatie en de situatie met een ondergronds logistiek systeem (hierna afgekort tot OLS). De tabel die bij het vorige onderdeel is opgezet, bevat een aantal effecten (met positieve of negatieve invloed) die op voorhand belangrijk lijken maar waar nog maar weinig van bekend is. Het CE doet aan de projectgroep een voorstel voor de effecten die nader zullen worden beschouwd.

## *Ad Selectie van relevante en onbekende effecten voor nader onderzoek*

Het CE heet nader verkennend en indicatief onderzoek gedaan naar het directe en indirecte energiegebruik van bovengrond en ondergronds vervoer van stukgoederen.

*Ad Methoden voor een integrale afweging*

De investering in ondergronds stukgoederentransport vergt een politieke keuze waarbij naast de balans van totale financiële kosten en baten ook altijd andere belangen worden meegewogen. Het gaat er hierbij om dat belangen voor en tegen en de maatschappelijke effecten die daarmee samenhangen, in verband met elkaar worden gebracht; mogelijk kunnen dan bepaalde kosten en baten, hoewel niet strikt te kwantificeren, tegen elkaar worden weggestreept. Het CE adviseert globaal over de vraag hoe dit methodisch kan worden uitgewerkt.

*Ad Algemene reactie op twee andere (concept-) rapportages in IPOT-kader.*

Het CE geeft een reactie op:

- de studie Ondergronds Transport in Buizen, een integrale afweging (TNO Bouw);
- de studie naar maatschappelijke effecten en de integrale afweging (TNO Bouw, IPOT fase 2).



## 2 Kanttekeningen

### 2.1 Algemene kritische opmerkingen vooraf door CE

In de notitie 'Transport onder ons – voortgangsverslag bij de kabinetsbrief over toekomstige mogelijkheden van Ondergronds Transport en Buisleidingen (OTB) -' stelt het IPOT dat het zich ten doel heeft gesteld om de vraag te beantwoorden hoe met OLS een bijdrage kan worden geleverd aan de Rijksdoelstellingen m.b.t. bereikbaarheid, kwaliteit van het leefmilieu en economische groei. Als potentiële kwaliteiten van OLS worden genoemd: 1. verhoging van de efficiency, effectiviteit en betrouwbaarheid, 2. vermindering van de belasting van het milieu, het bevorderen van de transportveiligheid en efficiënt ruimtegebruik en 3. de versterking van de economische structuur.

Het CE heeft ten aanzien van deze kernvraag een aantal vragen waar de bovengenoemde notitie helaas niet verder op ingaat maar die voor de –latere- politieke besluitvorming mogelijk zeer relevant kunnen blijken. Mogelijk zijn deze vragen in IPOT-kader of in andere gremia al aan bod geweest en mogelijk zelfs uitgebreid bediscussieerd, maar dat risico wordt op deze plaats voor lief genomen omdat de uitkomsten van die discussies bij het CE niet bekend zijn.

#### *1 Het waarom van ondergronds stukgoederentransport*

Het lijkt een logische stap: we vervoeren goederen ondergronds en we zijn verlost van veel vrachtwagens en het bijbehorende ruimtebeslag, onveiligheid en luchtverontreiniging. Als men wat dieper nadenkt over het ondergrondse transport van stukgoederen, dan kan echter de vraag rijzen: "ondergronds transport is het antwoord, maar wat was eigenlijk de vraag?".

Eén vraag zou kunnen aansluiten bij bovengenoemde Rijksdoelstellingen en kan luiden: "hoe kunnen bereikbaarheid, kwaliteit van het leefmilieu en economische groei worden verbeterd?". Op deze vraag is waarschijnlijk geen eensluidend antwoord. Toch is de vraag zeer relevant aangezien er waarschijnlijk veel meer beleidsinstrumenten mogelijk zijn om specifiek deze problemen mee op te lossen of te verminderen. Belangrijk bij deze instrumenten is of men er direct of indirect het gesignaleerde probleem mee kan beïnvloeden.

Een vraag die onderliggend is aan een deel van de inhoud van bovenstaande vraag is: "wat zijn de problemen met de bereikbaarheid en de kwaliteit van het leefmilieu en waardoor worden ze precies veroorzaakt?". En om de verbinding met het onderhavige project te leggen: "wat is het aandeel van het stukgoederenvervoer daarin?".

De *bereikbaarheidsproblematiek* wordt vaak direct gekoppeld aan de congestie op de snelwegen tijdens de spitsuren en aan het oponthoud op het stedelijke wegennet. Vrachtwagens vormen echter slechts een beperkt probleem als het om congestie op de snelwegen gaat; in de perioden 7<sup>00</sup> – 9<sup>00</sup>h en 16<sup>00</sup> - 18<sup>00</sup>h op werkdagen, nemen alle vrachtwagens samen ongeveer 8% van alle zg. voertuigverliesuren voor hun rekening (afgeleid uit AVV, 1998, p.4). Een zeker deel van de hiermee corresponderende vracht (een bepaald deel van het stukgoederenvervoer) is mogelijk ondergronds te vervoeren. De congestie op de snelwegen tijdens de spits wordt dus waarschijnlijk pas echt en direct aangepakt met maatregelen die ook op het personenverkeer aangrijpen.

Verkeer en vervoer in de steden heeft, lokaal, in een aantal gevallen te maken met een verminderde bereikbaarheid van bijvoorbeeld winkels door verkeersopstoppingen en/of hinder van andere lossende vrachtwagens.

De *druk op de kwaliteit van het leefmilieu* is geen eenvoudig meetbaar gegeven; vele factoren spelen een rol. Het CE kan een aantal oorzaken voor afname van de kwaliteit van de leefomgeving noemen zonder de pretentie te hebben op dit vlak zeer deskundig te zijn:

- toename van de geluidhinder, onder andere door het verkeer;
- risico van (ernstige) verkeersongevallen;
- toenemend gevoel van sociale onveiligheid;
- afname van de kwaliteit van het gebruik van de (openbare) ruimte in steden;
- afname van beschikbaarheid van voorzieningen (bijv. op platteland);
- vermindering van recreatiemogelijkheden (bijv. door doorsnijding van landschappelijke gebieden door nieuwe infrastructuur);
- uitstoot van luchtverontreinigende stoffen door het verkeer, bedrijven etc.;
- .....

Bij enkele van deze oorzaken is er een invloed van het stukgoederenvervoer. Meestal is die beïnvloeding zeer beperkt. Zo is het aandeel van personenauto's in ernstige ongevallen veel groter dan dat van vrachtwagens. Het ruimtegebruik van vrachtverkeer in de stad is beperkt. Er is wel hinder bij laden en lossen maar ook een OLS kan niet bestaan zonder een soort stadsdistributiedienst met wegvoertuigen. Het zal immers niet rendabel blijken om elk bedrijf of elke winkel toegang te geven tot het ondergrondse systeem. Verder vallen niet alle goederen naar de steden onder de categorie stukgoederen<sup>1</sup> (denk bijvoorbeeld aan een bankstel voor een meubelzaak) en zal de stad toch bereikbaar moeten blijven voor vrachtvervoer. Bedrijven en grotere winkels lijken met name naar de rand van de steden of naar snelweglocaties te verhuizen vanwege de hoge m<sup>2</sup>-prijs en de (prijs van de) bereikbaarheid van de locatie met de auto door klanten. Slechts in enkele gevallen zal volgens het CE het vervoer van goederen de echte doorslag geven.

Voorlopige conclusie t.a.v. bereikbaarheid en (leef-) milieu

Uit de informatie waar het CE over kon beschikken, blijkt niet expliciet aan welke beleidsdoelen de inzet van OLS een bijdrage moet gaan leveren en ook niet hoe groot die bijdrage moet zijn. Ook wordt niet duidelijk welke doelen de meeste prioriteit hebben. Verder is nog niet duidelijk op welke wijze ondergronds stukgoederentransport een significante bijdrage kan leveren aan de verbetering van de bereikbaarheid en de verbetering van de kwaliteit van het leefmilieu. De vraag is hoe de overheid met het 'instrument' ondergronds stukgoederentransport op de verbetering van deze aspecten kan sturen en welke randvoorwaarden daarbij noodzakelijk zijn.

Een ander deel van de doelstelling van ondergronds stukgoederentransport betreft de verhoging van de efficiency, effectiviteit en betrouwbaarheid, en de versterking van de economische structuur. Hierbij wordt niet aangegeven in welke mate die verhoging nodig is en welke bijdrage OLS daaraan zou kunnen leveren in vergelijking met wegvervoer. OLS kan bijvoorbeeld aansluiten op de trend naar just-in time levering van goederen. Bovengronds is dit minder gewenst omdat het tot meer voertuigbewegingen en een lagere

---

<sup>1</sup> Door TNO Bouw gedefinieerd als goederen die op een pallet kunnen worden vervoerd (van max. 1 m<sup>3</sup> en/of 280 kg vracht) (TNO Bouw, 1998, p. 8).



benuttingsgraad leidt. OLS kan dit mogelijk ook beter (betrouwbaarder, ..) faciliteren.

## *2 Ondergronds stukgoederen transport (OTS) als onderdeel van de logistieke keten*

Een OLS in de omvang van een landelijk netwerk geeft, mits substantieel door verladers gebruikt, een forse verandering in de logistieke keten. Het is daarom van belang om een aantal scenario's op dit vlak te beschouwen. Door prof. Vermunt is een interessante visie neergezet op de mogelijke toekomst van de goederenlogistiek. Enkele van de vele interessante punten uit zijn betoog zijn:

- de overslagkosten en de kosten voor het voor- en natraject voor rail, binnenvaart en OLS zijn een belangrijk deel van de totale vervoerskosten en maken dat OLS maar beperkt lagere verplaatsingskosten kan opleveren;
- een light railnetwerk dat zowel voor personen (m.n. woon-werkverkeer) als goederenvervoer (vooral buiten de spits) geschikt is, kan een oplossing geven voor de congestie (m.n. veroorzaakt door het woon-werkverkeer) en voor de milieubelasting van het vrachtverkeer;
- om een OLS qua kosten concurrerend te krijgen, moet waarschijnlijk worden ingegrepen in het voor- en natransport. Dit betekent dat moet worden ingegrepen op de inrichting en structurering van de totale logistieke keten.

Uit deze analyse blijkt onder andere hoe belangrijk het is om bij de uitwerking van een OLS ruim aandacht te besteden aan de omgeving, zowel aan de logistieke keten, de benodigde veranderingen aldaar als aan de effecten van en op het personenverkeer. Wat dit laatste betreft: het is interessant om in OLS-illustraties te zien hoezeer een OLS lijkt op een metrosysteem met zijn buizen en 'stations'. Velen zullen zich dan ook afvragen welke argumenten er tegen dubbelgebruik van die infrastructuur zijn.

## *3 Andere oplossingsrichtingen*

Er zijn meer wegen om de doelen ten aanzien van vermindering van de congestie, vermindering van de emissies, verhoging van de verkeersveiligheid, verbetering van het leefklimaat te halen. Een analyse van deze routes wordt des te belangrijker naarmate de belastingbetaler voor een deel van de kosten van een OLS zal opdraaien en zeker wanneer de maatschappelijke rentabiliteit van het systeem (op lange termijn) niet zeker is. We noemen hier, slechts ter illustratie, enkele routes voor verschillende beleidsdoelen:

- vermindering congestie (= o.a. verhoging betrouwbaarheid vrachtverkeer):
  - invoeren congestieheffing;
  - intelligente verkeersgeleidingssystemen voor een betere benutting;
  - doelgroepstroken/paylanes;
  - evt.: aanbieden aantrekkelijke alternatieven;
- vermindering energiegebruik en emissies vrachtverkeer:
  - verder aanscherpen emissienormen (niveau Europese Unie);
  - invoeren gebruiksnormen;
  - invoeren kilometerheffing, evt. gedifferentieerd naar uitstoot (geeft o.a. druk op verhogen beladingsgraad);
  - verplichting percentage biodiesel (CO<sub>2</sub>-effect);
- vermindering onveiligheid door vrachtverkeer:
  - verplichten zijafscherming (ook gunstig effect op energiegebruik en emissies);
  - verplichten overige veiligheidsmaatregelen (camera's als aanvulling op spiegels, handhaving max. belading);

- verbetering kwaliteit leefomgeving:
  - aanscherpen geluidsnormen voor vrachtauto's en personenauto's (niveau Europese Unie);
  - afsluiten van binnensteden voor niet-elektrische vrachtauto's (directe stimulans voor stadsdistributiebedrijven);
  - andere keuze locatie bedrijven (ruimtelijke ordening);
  - autovrij/luw maken van veel grotere gebieden;
  - intelligente snelheidsbegrenzer verplichten;
  - stop op uitbreiding weginfrastructuur;
- logistieke verbeteringen;
- modal shift naar andere vervoerswijzen;
- versterking economische structuur van Nederland.

Bij de discussie over andere beleidsuitvoeringsrichtingen is een belangrijk punt de mate waarin het beleid direct van invloed is op het te bereiken doel. OLS lijkt op de meeste punten slechts *indirect* aan te grijpen op de beleidsdoelen. Soms kan dat opportuun zijn omdat er voor andere beleidsrichtingen onvoldoende draagvlak is of kan worden gekweekt. Een nadeel van de indirecte aangrijping is echter dat nog maar de vraag is of er dan ook werkelijk een bijdrage aan de doelen wordt geleverd; dat is dan voor een groot afhankelijk van flankerende maatregelen. De Betuwelijncasus laat zien dat die flankerende maatregelen ook wel eens kunnen uitblijven.

## 2.2 Reactie CE op Maatschappelijke effecten TNO Bouw (fase 1)

Het CE heeft naar aanleiding van de studie Maatschappelijke effecten TNO Bouw (fase 1) de volgende opmerkingen:

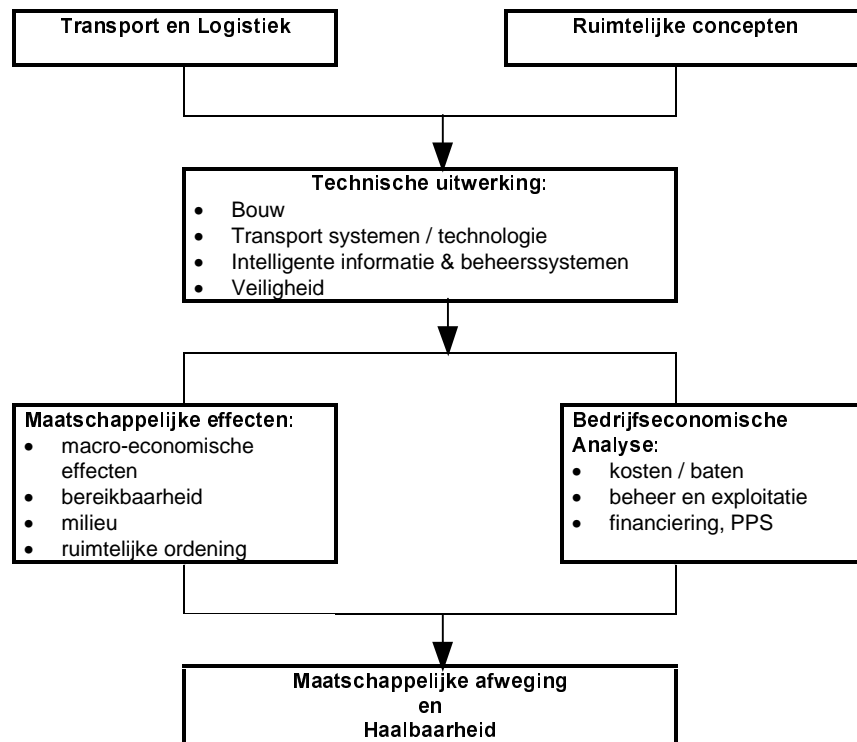
- Het referentiescenario is onvoldoende uitgewerkt. Dit geldt zowel voor de gebruikte gegevens als voor de opzet. Het *referentiescenario is precies even belangrijk* als het OLS-scenario omdat men de verschillen van een aantal effecten in beide scenario's gaat bekijken (zie ook de opmerkingen over kosten-batenanalyses in paragraaf 2.4). Bij het referentiescenario is een aantal relevante keuzen aan de orde die de uitkomst fors kunnen beïnvloeden en daarom goed moeten worden beargumenteerd. Zo kan men bijvoorbeeld:
  - het investeringsbedrag voor OLS anders besteden;
  - een efficiënt prijsbeleid voeren waardoor goederenstromen veranderen en efficiënter worden afgewikkeld;
  - een rechtvaardig prijsbeleid voeren waardoor goederenstromen veranderen en efficiënter worden afgewikkeld;
  - projecten uitvoeren (denk aan stadsdistributiecentra in 14 steden of een light railnetwerk voor goederen en personen) die een bijdrage leveren aan dezelfde beleidsdoelen als ondergronds stukgoederen-transport;
- de beleidsomgeving, die bepalend is voor het toekomstige marktaandeel van OLS, wordt niet voldoende beschreven. Hiermee worden met name de randvoorwaarden (regels, heffingen, subsidies) bedoeld waarbinnen OLS moet gaan opereren en zijn marktaandeel moet bereiken;
- Directe effecten (energiegebruik en emissies door het gebruik van OLS) zijn onvoldoende onderbouwd (voertuigdefinitie ontbreekt) en van onvoldoende kwaliteit. Zo worden gegevens over emissies en energiegebruik van bovengronds vrachtverkeer gebaseerd op gegevens uit de jaren '90 terwijl vrachtwagens de komende decennia fors schoner zullen worden (NO<sub>x</sub>, VOS, etc.);

- allerlei maatschappelijke effecten die met een hoge waarschijnlijkheid relevant zijn (zie ook paragraaf 3.1 van dit rapport), worden niet genoemd:
  - effecten van de aanleg van de ondergrondse (maar ook de bovengrondse) infrastructuur zijn niet meegenomen (indirect energiegebruik en emissies);
  - effect op de ruimtelijke kwaliteit in steden en landschap;
  - interactie met het personenverkeer: effecten van minder bovengronds goederenvervoer op de ontwikkeling van het personenverkeer over de weg;
- de veranderingen in emissies, verkeersongevallen, besparing op ruimtegebruik en geluidhinder wordt wel gekwantificeerd maar niet gemonetariseerd waardoor het niet mogelijk is om een goede balans van kosten en baten op te stellen. Het CE werkt vrijwel altijd met de zg. schaduwprijsmethode. Dit is de kostprijs voor de reductie van de laatste eenheid van een bepaald effect voordat de doelstelling is bereikt. De berekeningen van TNO Bouw zouden kunnen worden aangevuld met schaduw-prijzen voor CO<sub>2</sub> (100 f/ton), NO<sub>x</sub> (10 f/kg), VOS (7 f/kg), fijn stof (220 f/kg binnen de bebouwde kom, 44 f/kg buiten de bebouwde kom), zwaar gewonden (f 220.000 externe kosten per gewonde), verkeersdoden (f 3 miljoen externe kosten per dode). Hiermee vinden we jaarlijkse baten tegen huidige prijzen;
- het is niet duidelijk hoe er met de tijdsvoorkeur wordt omgegaan; in principe zouden alle toekomstige kosten en baten met een zekere discontovoet moeten worden gediscoteerd naar een bedrag in het heden. Het Kabinetsstandpunt inzake de te hanteren discontovoet is dat bij publiek gefinancierde projecten een 'reële risicovrije discontovoet' moet worden gehanteerd van 4%. Bij OLS is dit punt van belang omdat de kosten op de baten vooruitlopen en omdat het systeem naar verwachting gefaseerd wordt aangelegd waarbij –volgens de eerste berekeningen van TNO Bouw- pas een volledig dekkend landelijk netwerk een positief exploitatiesaldo laat zien.

### 2.3 Reactie CE op onderzoeksopzet IPOT fase 2

In deze paragraaf geeft het CE een globale reactie op inclusief enkele aanbevelingen bij de opzet van IPOT fase 2. Figuur 1 is overgenomen uit de offerte-aanvraag IPOT maatschappelijke effecten van landelijk netwerk OTB.

Figuur 1 Overzicht werkschema thema's Project Landelijk netwerk (IPOT-2)



#### *Maatschappelijke kosten-batenanalyse*

Hoewel dit niet letterlijk zo wordt genoemd in offerte-aanvraag aan TNO Bouw, gaat men in wezen een maatschappelijke kosten-batenanalyse voor een systeem voor OLS uitvoeren. De kosten (directe kosten uit blok Bedrijfseconomische analyse, evt. maatschappelijke kosten uit blok Maatschappelijke effecten) en de baten (incl. de maatschappelijke baten) worden immers in het blok Maatschappelijke afweging en Haalbaarheid bij elkaar gebracht. Dat is ook een uitstekende zaak aangezien een maatschappelijke kosten-batenanalyse een goede methode is om alle relevante aspecten van een project op het spoor te komen en in de afweging te betrekken. Toch moet over het uitvoeren van een goede maatschappelijke kosten-batenanalyse niet te lichtzinnig worden gedacht omdat er allerlei methodische adders onder het gras zitten. De volgende paragraaf gaat daar verder op in.

#### *Onderlinge aansluiting van de verschillende deelprojecten*

Uit de projectopzet zou kunnen blijken dat de maatschappelijke effecten pas worden berekend nadat de technische uitwerking is voltooid (ofwel het systeem is geconfigureerd en gedimensioneerd). Uit navraag blijkt dat de eerste activiteiten in het kader van de technische uitwerking onder andere bestaan uit het maken van een 'kaartenbak' met alle mogelijke uitvoeringen van het OLS, met name om als een soort bouwdoos verschillende systemen te kunnen samenstellen. Volgens het CE is het toch van belang om een terugkoppeling aan te brengen van de uitkomsten van de maatschappelijke haalbaarheid naar de blokken Transport en Logistiek, Ruimtelijke concepten en Technische uitwerking. Men kan zich nl. goed voorstellen dat onder maatschappelijke of bedrijfseconomische randvoorwaarden een geheel andere Technische uitwerking zou ontstaan. Het ontwerp van de onderzoeksopzet lijkt nu sterk technologie/logistiek georiënteerd, waardoor andere (wellicht maatschappelijk meer optimale) technische uitwerkingen niet vanzelf naar



voren komen. Hierdoor blijven kansen liggen die maatschappelijke en politieke acceptatie zouden kunnen vergroten. Een werkwijze waarbij een eerste, grove, uitwerking van voren (logistiek, ruimtelijk concept) naar achteren (integrale afweging) wordt gedaan en vervolgens verfijnd, levert waarschijnlijk een grotere interactie (maar ook meer communicatie, afstemming en afspraken) van de deelprojecten op.

#### *Uiteindelijke modal shift naar OLS*

Bepalend voor de economische rentabiliteit en de milieueffecten van OLS is de uiteindelijke modal shift van het bestaande bovengrondse stukgoederenvervoer op pallets naar het OLS. Het aspect modal-shift (of vervoersvolume in het OLS) dient daarom een centrale plaats in het onderzoek te krijgen. In andere studies is het Nederlandse vervoer vaak erg optimistisch berekend. Het verdient aanbeveling om hier veel aandacht aan te besteden en ook aan de randvoorwaarden of flankerend beleid dat hiervoor nodig is.

#### *Aanbodzijde en de vraagzijde op de markt van vervoersdiensten*

Dit vraagt een nadere uitwerking. Zeker omdat het aanbieden van OLS op de vervoersmarkt een verschuiving van vraag en aanbod teweegbrengt. Dit zal zodanig moeten plaatsvinden dat er aan de volgende randvoorwaarde wordt voldaan: het saldo van de maatschappelijke effecten is positief zodat we van een verbeterd transportsysteem kunnen spreken. De vraagzijde wordt in de projectbeschrijving terloops genoemd en het komt in de verschillende thema's ook wel aan de orde maar de indruk wordt gewekt dat er voornamelijk vanuit de aanbodzijde en vanuit de techniek wordt geredeneerd. Als onderdeel van de maatschappelijke haalbaarheid zal ook terdege naar de vraagzijde van de markt moeten worden gekeken. De vraag is dan onder welke voorwaarden er voldoende vraag naar het OLS zal zijn. En verder is de vraag of dit voldoende is om het systeem economisch/maatschappelijke haalbaar te laten opereren. Hierop zijn de aanbodfactoren als prijs, beschikbaarheid en kwaliteit van OLS van invloed. Deze factoren zullen daarom meer aandacht moeten krijgen omdat zij voor een groot deel de maatschappelijke haalbaarheid bepalen.

*Meer over de rol van vraag- en aanbodfactoren in het goederenvervoer is beschreven in het (concept-) CE-rapport "De rol van aanbodfactoren in de groei van het goederenvervoer". Hierin wordt een interessante analyse van de transportmarkt gegeven die zeker ook op OLS kan worden toegepast.*

## **2.4 Maatschappelijke kosten-batenanalyse**

Door het uitvoeren van een maatschappelijke kosten/batenanalyse (mkba) verkrijgt men inzicht in de positieve en de negatieve effecten van de uitvoering van een project, incl. milieu-effecten e.d. Nu zijn er nog geen goede richtlijnen voor hoe zo'n analyse er precies uit moet zien, maar voor mkba's die gericht zijn op infrastructuur is al wel een aantal belangrijke aspecten onderzocht (CE, De Wit, 1997) op basis waarvan een aantal aanbevelingen zijn gedaan. Verder wordt er op dit moment in het kader van het 'Onderzoeksprogramma Economische Effecten Infrastructuur (OEEI)', waarin ook het CE een bijdrage levert, door CPB en NEI gewerkt aan een praktische leidraad voor het maken van kosten-batenanalyses. Als richtsnoer voor die leidraad is inmiddels een theoretisch kader ontwikkeld.

In deze paragraaf zijn delen uit de studie van De Wit die ook voor OLS van waarde kunnen zijn, letterlijk overgenomen. Gesteld wordt dat de verwaarlozing van deze punten al snel leidt tot een overschatting van de economische

betekenis van de nieuwe infrastructuur: Deze aanbevelingen gelden voor mkba's voor infrastructuur in het algemeen en zijn dus niet toegesneden op ondergronds stukgoederentransport:

- 1 Veelal worden in het begin kosten te rooskleurig ingeschat. Als na verloop van tijd blijkt dat de kosten tegenvallen bestaat er vaak al een commitment met het project zodat het moeilijk wordt met het project te stoppen. Een goede instructie over welke kosten allemaal meegenomen moeten worden, zou dit probleem mede kunnen helpen oplossen.
- 2 De reistijdwinst wordt tot nu toe berekend voor een situatie zonder rekening rijden. Nu dit in de toekomst mogelijk wordt, zou deze reistijdwinst wel eens veel te optimistisch kunnen zijn ingeschat. Het verdient aanbeveling hiermee in de toekomst rekening te houden daar waar dit relevant is.
- 3 De gelden voor de aanleg van infrastructuur gaan ten koste van alternatieve bestedingen. Het verlies aan productie en werkgelegenheid door het niet doorgaan van deze alternatieve bestedingen wordt ten onrechte vrijwel nooit meegenomen in de kosten-batenanalyses. Dit, terwijl in absolute termen dit verlies minstens zo groot is als de winst aan productie en werkgelegenheid door de aanleg van de infrastructuur, die nooit ongenoemd blijft.
- 4 Extra productie en werkgelegenheid ten gevolge van imago-effecten (ook wel magneetwerking of forward linkages gedoopt) zijn dermate speculatief dat zij vaak (veel) te hoog ingeschat worden. Het valt daarom te overwegen in navolging van wat het CPB heeft gedaan bij de evaluatie van de Betuwelijn om dergelijke effecten maar in het geheel niet mee te nemen in de analyse.
- 5 In sommige kosten-batenanalyses wordt extra groei door extra infrastructuur verondersteld. Dit verband is evenwel wetenschappelijk dermate omstreden, dat een dergelijk verband niet verondersteld dient te worden.
- 6 Extra productie en werkgelegenheid door infrastructuur op macro-niveau wijken af van de directe projecteffecten door verplaatsingseffecten (productie en werkgelegenheid komen voort uit het 'weg snoepen' van activiteiten elders) en verdringingseffecten via de arbeidsmarkt. Vooral de verplaatsingseffecten kunnen zodanig verschillen per project dat hiervoor geen vuistregels te ontwikkelen zijn, maar steeds apart geëvalueerd moeten worden.  
De verdringingseffecten via de arbeidsmarkt kunnen wel via een vuistregel benaderd worden, bijvoorbeeld door de projecteffecten minus de verplaatsingseffecten met 50% te verminderen. Deze vuistregel zou dan zowel voor grote als kleine projecten gebruikt moeten worden.
- 7 Als extra productie en werkgelegenheid behaald worden ten koste van het buitenland, dient dit vermeld te worden. Ook dient er aandacht te zijn in hoeverre deze extra productie en werkgelegenheid ten koste van het buitenland behaald wordt ten gevolge van de aanname dat het buitenland zelf niets doet aan verbetering van de eigen infrastructuur.
- 8 Milieu-effecten dienen financieel gewaardeerd meegenomen te worden in de kosten-batenanalyse.
- 9 Bij publieke financiering van infrastructuur dient het versturende effect van de daarvoor benodigde belastingen te worden meegenomen.
- 10 Maatschappelijke kosten-batenanalyses geven geen inzichten in verdelingseffecten. Deze dienen apart vermeld te worden.
- 11 Bij het doorrekenen van de economische effecten van nieuwe infrastructuur hanteert het CPB als alternatieve besteding van de benodigde overheidsmiddelen een belastingverlaging. Als gevolg van de specifieke structuur van de CPB-modellen ontstaat hierdoor een te rooskleurig beeld van deze effecten.

In hetzelfde bovengenoemde rapport van De Wit wordt verder ingegaan op enkele onderdelen die voor een mkba van ondergronds stukgoederentransport zeer relevant kunnen blijken:

#### *Waardering reistijdwinst (=vermindering congestie)*

Een discussiepunt betreft de huidige prijs van vervoer. Wanneer deze lager is geprijsd is dan efficiënt zou zijn (hetgeen wordt gesteld in Bleijenberg (1996, p. 46) dan zou dit leiden tot een te hoge vraag naar vervoer. Met name in concessiegebieden leidt dit tot welvaartsverlies. De 'first-best' oplossing is in een dergelijke situatie de prijs van vervoer te verhogen (via bijvoorbeeld rekening rijden of een kilometerheffing). Als dit eenmaal zou zijn verwezenlijkt en de files daardoor verminderd, dan is de reistijdwinst door nieuwe infrastructuur naar alle waarschijnlijkheid beperkter. Hierdoor kán de nieuwe infrastructuur - die in de oude second best situatie nog rendabel was - in de nieuwe situatie met rekening rijden onrendabel worden. In een situatie waarin rekening rijden binnenkort technisch tot de mogelijkheden gaat behoren, lijkt het daarom aan te bevelen om de reistijdwinst ook in de first best situatie met rekening rijden door te rekenen<sup>2</sup>.

#### *Werkgelegenheidseffecten*

Het handboek EEI geeft heel gedetailleerd methodes voor het inschatten van werkgelegenheidseffecten van infrastructuur. Nuttig is hierbij het onderscheid dat wordt gemaakt in de effecten van (i) de plan- en constructiefase en (ii) de gebruiksfase.

#### *Plan- en constructiefase*

Het handboek EEI adviseert voor de werkgelegenheidseffecten van de plan- en constructiefase als vuistregel 6,5 arbeidsplaatsen per miljoen gemaakte kosten te hanteren.<sup>3</sup> Dit lijkt een goede vuistregel. Analyses van het CE leren dat bij alternatieve toepassingen per miljoen precies hetzelfde aantal of zelfs iets meer arbeidsplaatsen worden gecreëerd (Davidson en De Wit, 1995).

Opgemerkt moet hierbij evenwel worden dat het hier dus niet om extra werkgelegenheid gaat. Immers, als het geld aan andere zaken zou worden besteed zou hetzelfde aantal arbeidsplaatsen worden gecreëerd. De beleidsrelevantie van deze cijfers is dus uiterst beperkt, zo niet nihil. Dit wordt in de publieke discussie maar al te vaak vergeten.

#### *Gebruiksfase*

Het handboek EEI geeft ook aangrijpingspunten voor het berekenen van de extra werkgelegenheid tijdens de gebruiksfase van de nieuwe infrastructuur. Er wordt geadviseerd om dit per project apart vast te stellen, maar als quick scan vuistregel wordt 8 arbeidsplaatsen per aangelegde kilometer aangehouden (de vraag is of dit ook voor ondergrondse transportsystemen geldt). Hierbij kunnen de volgende kanttekeningen worden geplaatst:

- dit is in principe extra werkgelegenheid, waarbij de kritiek die bij de berekende effecten voor de plan- en constructiefase niet opgaat;
- het gaat hierbij om projecteffecten, waarbij geen rekening is gehouden met (i) de mate waarin de nieuwe werkgelegenheid voortkomt uit het verplaatsen van werkgelegenheid en (ii) verdringing op de arbeidsmarkt (zie ook de vorige paragraaf). Hierdoor kunnen de macro-economische

<sup>2</sup> De superioriteit van rekening-rijden vanuit economisch perspectief wordt bijvoorbeeld reeds aangetoond in NEI (1990).

<sup>3</sup> Dit zijn de directe en indirecte effecten bij elkaar. Zie 't Hoen en Van de Vooren (1996).

effecten volledig afwijken van de met de vuistregel berekende project-effecten. Onrendabele infrastructuur zal bijvoorbeeld vrijwel alleen tot verplaatsen van infrastructuur leiden<sup>4</sup>. De vuistregel mag dus niet gehanteerd worden voor het vaststellen van de macro-economische effecten;

- op aanraden van het CPB adviseert het handboek om bij kleinere projecten verdringingseffecten op de arbeidsmarkt te verwaarlozen. Dit lijkt het CE niet correct. Ook een klein beetje extra werkgelegenheid kan ten koste gaan van bestaande werkgelegenheid.<sup>5</sup> Anders dan bij het inschatten van verplaatsingseffecten is het wel mogelijk de verdringingseffecten via de arbeidsmarkt met een vuistregel in te schatten, bijvoorbeeld per saldo de helft minder extra werkgelegenheid als gevolg van verdringingseffecten;
- evenals bij extra productie kan extra werkgelegenheid direct ten koste gaan van werkgelegenheid in het buitenland. Voor zover dit het geval is zou dit vermeld moeten worden.

#### *Financiële waardering van milieu-effecten*

##### **Emissies**

Ijkpunt bij de waardering van emissies is dat uitgegaan wordt van de overheidsdoelstellingen die door de overheid met betrekking tot deze emissies zijn geformuleerd. Wanneer wordt aangenomen dat ondergronds infrastructuur leidt tot minder emissies, dan wordt het goedkoper om deze doelstellingen te halen: elders hoeven hierdoor immers minder emissies terug. Door de reductie van emissies wordt de maatschappij derhalve met lagere kosten geconfronteerd. Deze lagere kosten worden in de kosten-batenanalyse meegenomen als milieubaten ten gevolge van deze emissies. Merk hierbij op dat het baseren van de financiële waardering op vigerende overheidsdoelstellingen de methode vrijwaart van moeizame discussies over het al of niet objectief zijn van de methode.<sup>6</sup>

Voor de toepassing van deze methode is het van belang om inzicht te hebben in de kosten die het verminderen van de diverse emissies met zich meebrengen. Deze kosten zijn uit diverse onderzoeken goeddeels bekend. Het CE bezit inmiddels een databank waarin deze kosten voor de belangrijkste emissies aanwezig zijn.

Tenslotte zij opgemerkt dat bij het vaststellen van de extra emissies niet alleen gekeken dient te worden naar die van het extra verkeer maar ook naar die van de extra activiteiten (toegenomen BNP) die vaak aan de nieuwe infrastructuur worden toegeschreven.

---

<sup>4</sup> Of de infrastructuur al of niet rendabel is, onderzoeken we juist. Daarom mogen we dit niet als vuistregel bij voorbaat aannemen.

<sup>5</sup> Het advies van het CPB houdt in dat aan tien relatief kleine projecten stuk voor stuk geen verdringingseffecten worden toegeschreven, hoewel deze bij elkaar veel groter kunnen zijn dan één groot project waaraan wel verdringingseffecten worden toegeschreven.

De *absolute* fout mag dan eventueel klein zijn bij de verwaarlozing van verdringingseffecten bij kleine projecten, de *relatieve* fout is even groot als bij grotere projecten.

<sup>6</sup> Merk hierbij op dat de methode geen poging doet de 'werkelijke' milieuschade of de 'externe kosten' ten gevolge van de emissies vast te stellen. Dit hoeft ook niet bij het bestaan van emissiedoelstellingen door de overheid.

Sterker nog, het betrekken van milieukosten in de analyse, die niet gebaseerd zijn op de vigerende overheidsdoelstellingen, kan tot uitkomsten leiden die een kosteneffectieve realisering van de overheidsdoelstelling in de weg staan.



### **Geluidsoverlast (mogelijk van belang bij bovengrondse verbindingsschakels)**

Uitgaande van de verwachte hinder voor omwonenden is een schatting te maken van de extra kosten die gemaakt moeten worden om deze hinder te minimaliseren (geluidsschermen, geluidsisolatie bij woningen, e.d.). Opgemerkt moet worden dat deze kosten bij aanvang van het project vaak worden onderschat. Onder druk van inspraakronden blijken de benodigde extra maatregelen uiteindelijk vaak veel omvangrijker te worden dan in het begin voorzien. Uit deze ervaringen kunnen lessen worden getrokken om bij volgende projecten deze kosten direct voldoende hoog in te schatten.

### **Ruimtegebruik, versnippering, landschapsaantasting (van belang voor de referentievariant en mogelijk van belang bij bovengrondse verbindingsschakels)**

In het kader van het waarderen van ruimtegebruik, inclusief versnippering en landschapsaantasting, willen we ingaan op twee aspecten: (i) bestemmingsplannen en (ii) versnippering.

Door de bestaande regelgeving (bestemmingsplannen) zijn er grote verschillen in de waarde van bijvoorbeeld landbouwgronden en bedrijfsterreinen. Nieuwe infrastructuur wordt vaak gebouwd op landbouwgrond. Momenteel worden de kosten van de verwerving/onteigening van grond - zo deze al worden meegenomen<sup>7</sup> - daarom tegen relatief lage kosten meegenomen. Vervolgens wordt de bestemming gewijzigd waardoor de grond enorm in waarde stijgt. Hierdoor ontstaat er een substantiële onderschatting van de werkelijke economische kosten van het ruimtebeslag. De grond moet immers gewaardeerd worden tegen de prijs die de grond zou hebben bij alternatieve aanwending na wijziging van de bestemming.

Om versnippering zoveel mogelijk tegen te gaan worden vaak in een later stadium maatregelen (verandering van tracé, ondertunneling) voorgesteld, die het project fors in kosten kan doen stijgen. Ook deze kosten komen vaak in een veel te laat stadium in volle omvang in beeld, waardoor aan het begin van het project een te rooskleurig beeld over de kosten bestaat.

#### *Kosten van financieren van infrastructuur*

De investeringskosten voor de aanleg van de nieuwe infrastructuur kunnen worden betaald door (i) de overheid waarmee de belastingbetalers uiteindelijk de rekening betalen of (ii) in rekening gebracht worden bij de gebruikers van de infrastructuur. Bij de Betuwelijn kan bijvoorbeeld door de overheid een gebruikstarief per vervoerde tonkm in rekening worden gebracht bij de gebruikers (bijvoorbeeld de NS) ter dekking van de investeringskosten.

Wie ook uiteindelijk de rekening betaalt - belastingbetalers of gebruikers van infrastructuur -, in beide gevallen zijn er extra economische kosten in het geding die wij hierna achtereenvolgens bespreken.

---

<sup>7</sup> Opvallend is dat in het handboek EEI bij het inventariseren van de kosten voor de constructiefase met geen woord gerept wordt over de kosten van het verwerven van de benodigde grond.

## Financiering door overheid

Als de overheid de investeringskosten betaalt, worden deze uiteindelijk door de belastingbetalers opgebracht.<sup>8</sup> Extra belastingen verstoren evenwel de economie. In economenjargon spreekt men over de 'excess burden' door belastingheffing. Het is moeilijk om zonder verwijzing naar de economische theorie uit te leggen wat deze excess burden inhoudt. Hieronder doen we een poging.

Als de overheid een belasting oplegt met het oogmerk om geld binnen te krijgen, dan heeft dit tevens als onbedoeld neveneffect dat actoren anders gaan handelen om de belasting gedeeltelijk te ontlopen. Uit onderzoek is bijvoorbeeld bekend dat ten gevolge van de loon- en inkomstenbelasting sommige groepen mensen (in dit geval met name partners van werkenden) minder gaan werken, omdat werken per uur minder oplevert. Deze onbedoelde verstoring - minder mensen werken dan zonder de loon- en inkomstenbelasting het geval zou zijn geweest - levert welvaartsverlies op: de belasting drijft mensen tot een minder gewenste situatie die afwijkt van de ideale situatie die bereikt zou zijn zonder de belastingheffing<sup>9</sup>. Dit welvaartsverlies is de excess burden.

Analoog zorgt de vennootschapsbelasting er bijvoorbeeld voor dat het investeringsniveau bij de bedrijven onbedoeld lager ligt. Ook deze verstoring leidt tot een welvaartsverlies.

## Doorberekenen van investeringskosten naar gebruikers

Om de excess burden ten gevolge van extra belastingheffing te vermijden zou men de investeringskosten op de gebruikers kunnen verhalen. Dit heeft evenwel ook een versturende werking: het gebruik van de infrastructuur wordt hierdoor duurder waardoor minder gebruik van zal worden gemaakt<sup>10</sup>. De belangrijkste les uit het bovenstaande is dat bij publieke financiering de excess burden door de extra benodigde belastingen in de kosten-batenanalyse moet worden meegenomen (wat tot nu niet gebeurd is).

### *Referentiesituatie of 0-variant*

Een uiterst belangrijk onderdeel van een mkba is de beleidsomgeving die wordt aangenomen. Die omgeving is geen vast gegeven maar een situatie die sterk afhankelijk is van een aantal beleidskeuzen in de toekomst. De overheid voert immers beleid om op een groot aantal beleidsvelden een bepaald resultaat te boeken. De instrumenten die in dat beleid worden ontwikkeld en toegepast, kunnen een effect (groot of klein) hebben op bepaalde terreinen waar ook de aanleg van een systeem voor ondergronds stukgoederentransport een effect heeft. Op het gebied van verkeer en vervoer kan men denken aan rekeningrijden, snelheidsbegrenzing, het afsluiten van binnensteden voor personenauto's van niet-bewoners, aangescherpte emissie-

<sup>8</sup> Als de investeringskosten uit het overheidsbudget worden betaald, dan betalen de belastingbetalers deze kosten in één keer (in de vorm van hogere belastingen of in de vorm van het achterwege blijven van belastingverlaging). Als de overheid extra geld leent om de investeringen te betalen, dan betalen de huidige en toekomstige belastingbetalers in de vorm van de hogere rentelasten die op het overheidsbudget drukken.

<sup>9</sup> Het gaat hier alleen om het welvaartsverlies ten gevolge van het *opleggen* van de belasting. De welvaartswinst ten gevolge van de *besteding* van de belastinggelden worden in een kosten-batenanalyse apart behandeld.

<sup>10</sup> In het geval van de Betuwelijn en de hoge-snelheidslijn bleek dat een volledige toerekening van de investeringskosten aan de gebruikers ertoe zou leiden dat zo weinig gebruik zou worden gemaakt van beide lijnen dat zij maatschappelijk onrendabel zouden worden. Mede om deze reden werd er daarom vanuit gegaan dat de overheid deze kosten zou dragen. Vervolgens werd de 'excess burden' door de extra belastingen verder vergeten in de analyse.

normen, compacte stedenbouw etc. In paragraaf 2.1 is een globaal overzicht weergegeven van mogelijke beleidskeuzen die van grote invloed kunnen zijn op de druk die het bovengrondse vervoer van stukgoederen direct en indirect gaat leggen op de maatschappij. Een enkel pakket van beleidskeuzen zal waarschijnlijk niet volstaan. Het is daarom raadzaam om meerdere pakketten te formuleren; pakketten die gunstig zullen zijn voor ondergronds stukgoederentransport en pakketten die ongunstig uitwerken. De gekozen beleidsomgevingen gelden zowel voor de referentievariant als voor het ondergrondse stukgoederen systeem.





### 3 Maatschappelijke effecten OLS

#### 3.1 Inventarisatie maatschappelijke effecten

TNO Bouw heeft in IPOT-fase 1 een beschouwing gegeven en een inschatting van een aantal maatschappelijke effecten van de bouw van een ondergrondse infrastructuur voor stukgoederen. In fase 2 zal TNO Bouw dit werk verder detailleren en waar nodig uitbreiden. In fase 1 is aandacht besteed aan de volgende aspecten:

Tabel 2 Aspecten OLS

Aspect:	Eenheid van de uitkomst:
congestiekosten voor het vrachtvervoer	gulden/jaar (2020)
uitstoot (CO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , fijn stof, VOS)	kg/jaar (2020)
ruimtegebruik voor wegen	hectare (heden-2020?)
verkeersonveiligheid (ernstige ongevallen)	% t.o.v. referentie (1995?)
geluidshinder bij/in woningen	aantal woningen >55 dB(A) aantal woningen < 55 dB(A)
visuele hinder	aantal woningen

In principe heeft een ondergrondse infrastructuur voor stukgoederen meer potentiële voordelen dan de aspecten die in Tabel 2 zijn genoemd. Men kan denken aan het verbeteren van het woon- en verblijfsklimaat van binnensteden, de landschapskwaliteit kan verbeteren (of minder verslechteren) wanneer er meer vrachtvervoer ondergronds plaatsvindt, etc. Daarnaast kunnen er ook negatieve effecten aan de tunnelbouw kleven: schade aan funderingen, overlast tijdens de bouw, extra personenverkeer op de vrijgekomen ruimte, energiegebruik en emissies door de bouw van het systeem, etc.. Het is van belang om de belangrijkste maatschappelijke effecten te benoemen en te trachten om ze monetariseren. Dat maakt het mogelijk om een maatschappelijke kosten/batenanalyse te maken van een ondergronds transport-systeem voor stukgoederen.

Onderstaande tabel is een bewerkte kopie van een indicatieve tabel uit de probleemstellende notitie die door AVV is opgesteld ten behoeve van de projectdefinitie van het onderdeel 'Maatschappelijke effecten' in IPOT fase 2. In deze tabel heeft het CE aangegeven welke maatschappelijke effecten door het CE relevant worden geacht, welk belang er aan wordt gehecht en hoeveel er, naar het idee van het CE, methodisch en qua uitwerking bekend is van de kwantificering van de betreffende effecten.

Tabel 3 Bouwstenen maatschappelijke effecten OLS (zie ook de verklaring van de tekens onder de tabel)

Bouwsteen	Belangrijk geachte onderdelen (volgens CE) uit overzicht probleemstellende notitie AVV (Cursief weergegeven zijn onderwerpen waarvan het CE wil adviseren om ze toe te voegen. De onderwerpen uit de oorspronkelijke tabel die niet zijn vermeld, zijn volgens het CE voor de maatschappelijke invloed van ondergronds stukgoederentransport minder belangrijk).	Belang	Niveau van bekendheid		Opmerkingen
			Methodisch/theoretisch	Uitwerking/technisch	
Economie	Werkgelegenheid lokaal, <i>nationaal</i>	+	-	--	
	Vitaliteit steden: <i>toerisme, winkelvoorzieningen, werkklimaat zakelijke dienstverlening</i>	+	-	--	
	<i>Schade overlast bouw tunnelsysteem</i>	+	++	+	
	<i>Schade aan funderingen</i>	+	++	+	
	<i>Kosten overslag</i>	++	+	-	
	Maatschappelijke kosten/baten-analyse (transportkosten, investeringen infrastructuur)				
Ruimte	Ruimtelijke kwaliteit (aanbod, gebruik, efficiënt gebruik)	++	--	--	Opsomming onderdelen lijkt prima, alleen hoe te kwantificeren?
	Compacte stad	+	+	-/+	
	Verstedelijking	+	+	-/+	
	<i>Verplaatsing van activiteiten naar stadsrand</i>	+	-	-	
	Toepasbaarheid in landschap ( <i>m.n. bovengrondse interstedelijke verbindingen</i> )	+	+	+	
	<i>Bestaande bovengrondse infrastructuur: deels opgeheven of bijv. versmald?</i>	++	-	--	
Verkeer en vervoer	Reizigerskilometers: <i>reboundeffect t.g.v. minder stedelijk en interstedelijk goederenvervoer</i>	+++	--	--	
	Vermindering congestie, verbetering bereikbaarheid	+	-	-	
	Modal shift goederenvervoer	+++	++	-/+	Sterk bepalend voor maatschappelijk potentieel. Sterk afhankelijk van overig beleid (verdeling kosten ondergrondse en bovengrondse infrastructuur, flankerend beleid)
	Efficiency infrastructuur	++	++	-	Techniek, capaciteit
	<i>Inrichting natransport</i>	++	+	-	
	Natuur en recreatie	Geohydrologie: effect tunnelbouw op grondwaterstand	+	++	+
Historisch bouwkundige waarden		+	+	+	
Landschappelijke waarden, kwaliteit landschap		++	--	--	
Archeologische waarden ( <i>te vinden en/of te beschadigen door tunnelbouw</i> )		+	+	+	
Milieu en veiligheid	Emissies, volksgezondheid e.d.: hebben te maken met <i>stedelijke luchtkwaliteit</i>	++	++	++	
	Energiegebruik: direct en indirect	++	--	--	Indirect: nog niet veel onderzocht
	Geluidhinder en trillingen	+	++	+	Mogelijk afhankelijk van bodemgesteldheid
	Verkeersveiligheid	++	++	++	
	Risico/externe veiligheid voor de omgeving ( <i>o.a. risico brand/explosies en verkeersonveiligheid natransport</i> )	+	+	-	
	<i>Effecten natransport en overslag (afhankelijk van ontwerp)</i>	++	+	-	
	<i>Bij ondergrondse accuvoertuigen: milieu-effect van de grote aantallen accu's</i>	+	+	-	
Overige effecten	Effecten op kennisopbouw (bijv. vergelijking metrobouw in Nederland, bouw Heine Noordtunnel etc.)	+	++	++	



*verklaring van de tekens:*

- +++ zeer groot belang c.q. zeer veel over bekend
- ++ groot belang c.q. veel over bekend
- + redelijk belang c.q. redelijk veel over bekend
- /+ iets van belang c.q. iets over bekend
- weinig van belang c.q. weinig over bekend
- zeer weinig van belang c.q. zeer weinig over bekend

### **3.2 Relevante maar methodisch weinig onderzochte effecten**

Op basis van een vooral intuïtieve inschatting van het CE zijn erg belangrijke effecten van ondergronds stukgoederentransport in elk geval:

- kosten en effecten (bijv. geluidhinder, ruimtebeslag) van overslag van en naar een systeem voor ondergronds stukgoederentransport en van het benodigde voor- en natransport;
- invloed op de ontwikkeling van reizigerskilometers (hier kan een zg. reboundeffect optreden wanneer het personenverkeer op korte termijn de ruimte inneemt die ontstaat doordat er door OLS minder bovengronds goederenvervoer resteert);
- invloed van ondergronds stukgoederentransport op de modal shift van het goederenvervoer;
- invloed op de benutting van de infrastructuur;
- ruimtelijke kwaliteit (aanbod, gebruik, efficiënt gebruik, effecten op de bovengrondse infrastructuur nadat er een ondergrondse infrastructuur is aangelegd, landschappelijke waarden);
- energiegebruik: direct en indirect;
- effect op de stedelijke luchtkwaliteit: emissies en volksgezondheid;
- effect op de verkeersveiligheid.

Methodisch is er naar inschatting van bovenstaande belangrijke onderwerpen volgens het CE weinig bekend van de volgende onderwerpen:

- ruimtelijke kwaliteit (aanbod, gebruik, efficiënt gebruik, effecten op de bovengrondse infrastructuur nadat er een ondergrondse infrastructuur is aangelegd, landschappelijke waarden);
- invloed op de ontwikkeling van reizigerskilometers (reboundeffect);
- energiegebruik: direct en indirect.

Het CE heeft op verzoek van de opdrachtgever een verkenning uitgevoerd naar een indicatie voor het directe en indirecte energiegebruik van bovengronds- en ondergronds vervoer stukgoederenvervoer (zie hoofdstuk 5).



## 4 Suggesties voor het referentiescenario

### 4.1 Inleiding

In het referentiescenario wordt beschreven hoe het verkeer en vervoer systeem zich naar verwachting tot 2010-2020-2030 zal ontwikkelen. In dit scenario wordt op basis van verwachte economische ontwikkelingen een schets gemaakt van de toekomst. Mogelijk biedt de vierde nationale milieuverkenning (MV4) van het RIVM een goede basis voor een referentiescenario voor de ontwikkelingen in het stukgoederenvervoer. Hierin wordt op basis van verschillende economische scenario's van het CPB gekeken naar 2010 en 2020. Het RIVM baseert zich in de milieuverkenningen echter alleen op voorgenomen en vastgesteld beleid. Momenteel wordt door RIVM gewerkt aan een MV4-update.

Naast het vastgestelde beleid mag op termijn echter beleid verwacht worden op het gebied van variabilisatie van autokosten, toerekening van externe kosten en handhaving van de maximumsnelheden. Deze maatregelen zullen effecten hebben op de volumegroei, congestie en de bereikbaarheid. In dit hoofdstuk worden de effecten wel beschreven maar niet gekwantificeerd.

### 4.2 Verwachtingen t.a.v. doelstellingen

#### Emissies

Naar aanleiding van Kyoto is afgesproken dat in Nederland 6% CO<sub>2</sub>-reductie ten opzichte van 1990 bereikt moet worden in de periode 2008 - 2010: in de sector verkeer wordt dit niet gehaald (Perspectievennota). Volgens SVV2 zou de CO<sub>2</sub> -emissie in 2010 ten opzichte van 1986 10% lager moeten zijn. Dit wordt evenmin gehaald.

De doelstelling voor vermindering van de NO<sub>x</sub>- en koolwaterstoffenemissies door het verkeer bedraagt 75% reductie in 2010 (SVV 2). Voor NO<sub>x</sub> zal dit met name door de groei van het vrachtverkeer niet worden gehaald. Voor de emissie van koolwaterstoffen zal dit wel worden gehaald (Perspectievennota).

Met uitzondering van CO<sub>2</sub>-emissies zullen de andere emissies van het verkeer in de toekomst door technisch maatregelen vrijwel geen probleem meer zijn (met uitzondering van enkele sectoren die 'achterlopen' zoals binnenvaart, en (diesel-) rail transport).

#### Mobiliteit

De mobiliteitsdoelstellingen uit SVV-2 worden naar verwachting evenmin gehaald (maximaal 35% meer personenautokilometer tussen 1986 en 2010 en maximaal 40% meer vrachtautokilometers).

#### Verkeersonveiligheid

Het SVV stelde doelen van 50% minder doden en 40% minder gewonden in 2010 (t.o.v. 1986). Aantallen nemen wel af maar de vraag is of het doel wordt gehaald.

### **Nieuwe doelstellingen**

Het soort kwantitatieve doelstellingen uit SVV-2 zal in het nieuwe beleid minder voorkomen. Kernbegrippen uit het toekomstige verkeer en vervoerbeleid zijn:

- op juiste wijze faciliteren van het verkeer;
- introductie van prijsmechanisme;
- variabilisatie van de vaste kosten;
- toerekenen van externe kosten;
- meer sturen op kwaliteitseisen van de leefomgeving dan op volumedoelstellingen.

In het NVVP zal een nadere uitwerking van het toekomstige verkeer en vervoerbeleid worden gepresenteerd.

## **4.3 Scenario-ingrediënten**

Deze paragraaf geeft een aantal kenmerken, te verwachten trends en te verwachten beleid met betrekking tot het vervoer van stukgoederen en met betrekking tot andere sectoren die invloed (kunnen) hebben op het vervoer van stukgoederen.

### **Kenmerken goederenvervoer**

- De relatieve bijdrage van het goederenvervoer aan milieuproblemen neemt toe;
- er bestaat trend naar de inzet van grotere vrachtauto's op lange afstanden en dus meer efficiency;
- er is een trend naar inzet van kleinere eenheden op korte afstanden, dit draagt bij tot een toename van het aantal voertuigkilometers;
- de grootste volumegroei vindt plaats in het internationale transport;
- de meeste tonkilometers en kilometers in het wegtransport worden in interlokaal en met name in het internationaal transport gerealiseerd.
- meer vervoer over water.

### **Prijsbeleid**

- Voor het wegtransport is een kilometerheffing naar tijd en plaats te verwachten;
- toerekening van minstens een deel van de externe kosten mag worden verwacht;
- de vaste kosten worden gevariabiliseerd (vermindering of afschaffing MRB en verhoging accijns of kilometerheffing).

### **Variabilisatie autokosten**

- De volledige variabilisatie van BPM en MRB bij personenauto's leidt tot 15% minder autogebruik en 40%- 60% minder congestie (bron: Perspectievennota/ AVV onderzoek);
- het effect van variabilisatie van de vrachtauto-MRB is in het wegtransport gering.

### **Gevolgen prijsbeleid**

- Meer spreiding van mobiliteit en transport over de dag;
- verdere ontwikkeling van de 24-uurs economie (spreiding);
- 24-uurs toelevering in stadscentra is niet mogelijk waardoor transport naar de stadscentra duurder wordt;
- geen toename congestie;
- betere benutting voertuigen;
- alle transportmodaliteiten worden duurder;

- wegtransport wordt relatief minder duurder dan water- en railtransport bij volledige toerekening van de infrastructuurkosten. De achtergrond hiervan is dat het wegvervoer reeds nu een groter deel van deze kosten betaalt dan de andere modaliteiten.

#### **Betere benutting infrastructuur**

- Implementatie technische maatregelen (snelheidsbegrenzing en snelheidshandhaving);
- gedragsmaatregelen en informatievoorziening (o.a. lagere maximumsnelheden, telematica, dynamische routegeleding);
- differentiatie van tarieven naar tijd en plaats.

#### **Criteria voor aanleg nieuwe infrastructuur**

- Alleen volgens strenge criteria (integrale analyse van maatschappelijk kosten en baten);
- Publiek-Private-Samenwerking (PPS) geeft strenge rentabiliteitseisen.

#### **Geen/nauwelijks stadsdistributie**

Stadsdistributie zal niet op grote schaal van de grond komen:

- blijvend geringe bereidheid tot samenwerken van ondernemers;
- te vrijblijvend wegens een gebrek aan goede randvoorwaarden van de overheid (zoals venstertijden);
- staat dwars op de trend van 'marktwerking' in het transportbeleid;
- initiatieven zullen moeten komen van ondernemers zelf, zoals verladers en transporteurs die werken via eigen distributiecentra;
- bij voorkeur worden door bedrijven en ketens van bedrijven regionale distributiecentra gebruikt.

#### **Congestie en bereikbaarheid**

- Modal shift in het goederenvervoer heeft een zeer gering effect op verbetering bereikbaarheid van de steden; binnen de steden wordt de bereikbaarheid waarschijnlijk groter, tenminste wanneer het personenverkeer niet de ruimte van het wegtransport inneemt;
- meer spreiding van transport over dag en zelfs nacht;
- verschuiving van activiteit naar locaties met betere bereikbaarheid;
- grote bedrijven (volumineuze detailhandel) verplaatsen zich naar de stadsrand (Megastores zoals Laakhaven);
- er is een toename van de kosten voor lokaal transport door eisen t.a.v. milieu en tijdvensters;
- individueel personenvervoer in de stad wordt minder toegelaten (o.a. door parkeerbeleid, transferia aan de stadsrand).

#### **Kwaliteit van transport en concurrenten wegtransport**

- Snelheid, betrouwbaarheid en flexibiliteit bepalen de kwaliteit van het transport: en bepalen de keuze voor het soort transport. In vergelijking met rail en binnenvaart scoort wegtransport ook in de toekomst het beste;
- wegtransport wordt duurder maar zal door zijn fijnvertakte netwerk en flexibiliteit met name voor het korte afstands vervoer (<50 km) de belangrijkste modaliteit blijven;
- concurrerende modaliteiten van het wegtransport moeten zowel op prijs als op flexibiliteit en betrouwbaarheid beter scoren willen ze een substantieel marktaandeel overnemen;
- wegtransport zal bij volledig toerekening van externe kosten relatief minder duurder worden dan overige modaliteiten.

### Ruimtelijke ontwikkeling

- Corridorvorming langs bestaande infrastructuurassen;
- er wordt een beter inpassing van nieuwe infrastructuur in de omgeving vereist (=kostenverhoging).

### Logistiek

- Op lange afstanden (internationaal) wordt een hogere efficiency bereikt;
- op korte afstanden vindt vooral een toename van het aantal kilometers plaats (kleinere voertuigen, bestelwagens, kleine zendingen);
- grote winkelbedrijven en winkelketens maken in toenemende mate gebruik van eigen distributiecentra op slim gekozen locaties. Over dit punt is echter nog veel discussie mogelijk;
- succesvolle initiatieven ter verbetering van de logistiek en samenwerking zijn voornamelijk afkomstig uit de bedrijven;
- stadsdistributie zal zonder randvoorwaarden geen succes worden;
- voertuigkilometers nemen in het korte afstandsvervoer sterker toe dan het aantal tonkilometers;
- in het korte afstandsvervoer is een trend naar kleinere voertuigen en kleinere ladingen o.a. door toename van productassortiment en logistieke randvoorwaarden zoals JIT-delivery.

## 4.4 Mogelijke scenario-uitkomsten

Pas wanneer de scenario-ingrediënten worden ingevoerd in een geëigend rekenmodel, kunnen de effecten van de hierboven aangegeven ontwikkelingen worden bepaald. Zo'n rekenmodel wordt in IPOT gebruikt voor de bepaling van de vervoersomvang en de concurrentiekracht van ondergronds stukgoederentransport inclusief de effecten op congestie, geluidhinder etc. In deze paragraaf worden enkele verwachtingen uitgesproken omtrent de uiteindelijke uitkomsten.

### Blijvende milieuknelpunten

- ruimtedruk;
- kwaliteit van leefomgeving;
- geluid;
- CO<sub>2</sub>-emissies.

### Groei goederenvervoer

Het goederenvervoer laat tot 2020 mogelijk een sterke groei zien (zie Tabel 4).

Tabel 4 CPB-raming groei goederenvervoer in 2020 (1995 = 100 op basis van vervoerde tonnen) (bron: Perspectievennota)

Scenario→	1995 indexcijfer	Divided Europe 2020 indexcijfer	European Coordination 2020 indexcijfer	Global Competition 2020 indexcijfer
Totaal binnenlands	100	126	179	194
Totaal internationaal	100	139	221	257
Wegvervoer	100	138	208	231
Spoorvervoer	100	185	286	327
Binnenvaart	100	112	156	178



In het wegvervoer is wellicht een verdubbeling van het vervoer te verwachten. Het grootste deel van de groei zit in het internationale vervoer. Hoewel het spoorvervoer in relatieve termen een grote groei zal laat zien (zie Tabel 4) is deze groei in absolute termen veel minder van belang omdat het marktaandeel van het spoor zeer klein is.

De MV4-scenario's voorzien eveneens meer dan een verdubbeling van voertuig en tonkilometers in het goederenwegtransport.

#### **Geluidhinder**

- Het aantal gehinderden neemt naar verwachting toe door de aanhoudende groei van het personen- en goederenvervoer;
- het percentage stil gebied in Nederland neemt af met 4% in tussen 1995 en 2020. Aantal gehinderde neemt zonder aanvullende maatregelen toe met 15 tot 20% (Perspectievennota);
- doelstellingen m.b.t. aantal gehinderden worden niet gehaald (MV4).

#### **Volume, emissies en energiegebruik goederen- en personenvervoer**

- Er is een stijging van CO<sub>2</sub> -emissies en energiegebruik als gevolg van volumegroei;
- er vindt een afname plaats van de emissies van NO<sub>x</sub> en deeltjes per tonkm en per voertuigkilometer door technische en logistieke maatregelen.



## 5 Direct en indirect energiegebruik

### 5.1 Inleiding

In deze paragraaf worden het direct en indirect energiegebruik van transportsystemen beschreven. Onder direct energiegebruik wordt de energie verstaan die nodig is voor de tractie. Indirect energiegebruik is kort gezegd de energie die nodig is voor de aanleg en onderhoud van de infrastructuur en voor de bouw van de voertuigen zelf.

### 5.2 Direct energiegebruik

De bouwdienst van Rijkswaterstaat becijfert het directe energiegebruik van OLS in [Tussenrapportage projectgroep technische uitwerking landelijk netwerk IPOT, april 1999] met de volgende uitgangspunten:

- massa van de lading is maximaal 3 ton (totale massa wagentje plus lading is dan 4 ton);
- snelheid 10 m/s.

Het benodigde bruto motorvermogen wordt door de Bouwdienst berekend op 5,2 tot 10 kW (afhankelijk van de ventilatiesnelheid en de luchtsnelheid in de tunnelbuis). Het bruto energiegebruik varieert dan van 0,17 tot 0,33 MJ per tonkm (uitgaande van 3 ton lading). Bij een toekomstig rendement van de elektriciteitsproductie van 50% en een rendement van het elektriciteitstransport van 95% kan het directe primaire energiegebruik worden vastgesteld (zie Tabel 5). De getallen voor het energiegebruik bij 1,5 ton en 2 ton lading zijn onderschattingen omdat ze rechtstreeks zijn afgeleid van het energiegebruik bij volle belading met 3 ton. Bij lagere belading dan 100% wordt het aandeel van de massa van het voertuig relatief namelijk steeds groter, waardoor het energiegebruik per tonkm in verhouding sterker toeneemt.

Tabel 5 Direct primair energiegebruik bij verschillende beladinggraden (MJ/tonkm). Voertuigmassa is 1 ton

	3 ton lading	2 ton lading	1,5 ton lading
laag	0,4	0,5	0,7
hoog	0,7	1,1	1,4

De lage variant komt tot stand in de zgn. 'wind mee' situatie a.g.v. het ventileren van de lucht in de buizen. Het energiegebruik dat voor het ventileren nodig is, is onbekend (althans in de tussenrapportage van de Bouwdienst d.d. 26 april 1999), maar moet in principe bij de tractie-energie worden opgeteld. Voorlopig gaan we dus uit van de maximum variant, omdat de ventilatie-energie nog onbekend is en wellicht het gunstiger verbruik teniet doet. Wat zichtbaar wordt is dat het directe energiegebruik sterk varieert met de aannames ten aanzien van de gemiddelde beladingsgraad en de veronderstelde (lucht)snelheid.

Uitgaande van een gemiddelde massa-beladingsgraad van 50%, wat in het wegvervoer niet ongebruikelijk is, wordt het energiegebruik per tonkm in het OLS qua grootte vergelijkbaar met een gemiddelde vrachtwagen (35 ton

GVW) met een beladingsgraad (massa%) van 55%. Voor een vrachtwagen bedraagt namelijk dit ca 1,3 MJ/tonkm. [Specific energy consumption and emissions of freight transport, CE 1997]. In vergelijking met een bestelwagen (15 MJ/tonkm) en een kleinere distributievrachtwagen (2,8 MJ/tonkm) is de verbetering ca 90% respectievelijk 50%.

### **Direct energiegebruik bovengronds transport**

In het artikel 'Specific energy consumption and emissions of freight transport' [CE, 1997] is voor een groot aantal bovengrondse vervoerswijzen het directe energiegebruik (MJ/tonkm) met elkaar vergeleken. Het specifiek energie gebruik varieert daar van ca 1 MJ/tonkm (trein) tot ca 15 MJ/tonkm (bestelwagen). In het wegtransport varieert dit van 1,3 MJ/tonkm (grote vrachtwagen) tot ca 15 MJ/tonkm (bestelwagen). De gemiddelde beladingsgraad (massa%) varieert van ca 30% (bestelwagen) tot 55% (vrachtwagen). De conclusie uit dit artikel is onder meer dat de resultaten van dergelijke berekeningen sterk afhangen van de aannames, zoals de veronderstelde beladingsgraad, het type voertuig en wijze van inzet van het voertuig en dat hiermee terdege rekening moet worden gehouden.

Ter illustratie zijn in Tabel 6 uit verschillende andere bronnen cijfers over het directe energiegebruik van het wegtransport opgenomen. Te zien is dat het gemiddelde directe energiegebruik in het wegtransport (excl. bestelauto's) ca 1,3 MJ/tonkm bedraagt. Bestelauto's gebruiken aanzienlijk meer energie per tonkm. Zij maken echter slechts een zeer gering aandeel uit van het totaal aantal tonkm's dat wordt geproduceerd, zodat het gemiddelde (inclusief bestelauto's) dichterbij 1,3 zal liggen dan bij 10,7<sup>11</sup>.

---

<sup>11</sup> Het aandeel van bestelauto's in het totale transportvolume bedraagt ca 7% van de tonkm's. Het gemiddelde energiegebruik van het wegtransport wordt dan inclusief bestelauto's geschat op  $(93\% * 1,3) + (7\% * 10,7) = 1,95$  MJ/tonkm.

Tabel 6 Overige bronnen direct energiegebruik wegtransport. De cijfers hebben betrekking op 1995

Betreft	MJ/tonkm	Bron en opmerkingen
Bestelauto's (<3,5 ton)	10,7	RIVM, energiegebruik en emissies per vervoerswijze, 1997  jaar: 1995  Incl. raffinage (6 à 7% van het totaal)
Vrachtauto  3,5 – 10 ton 10 –20 ton >20 ton trekkers	2,03 1,38 0,82 0,78	TNO  jaar: 1995  bij gemiddelde belading (inhoud)  Exclusief raffinage
Vrachtauto  3,5 – 10 ton 10 –20 ton >20 ton trekkers  wegtransport totaal excl. bestelauto	2,54 1,86 1,23 1,12  1.32	RIVM, energiegebruik en emissies per vervoerswijze, 1997  Combinatie van beladingsgraad naar inhoud en beladingsgraad naar afstand  jaar: 1995  Binnenlands beroepsgoederenvervoer met Nederlandse voertuigen  Exclusief raffinage

### Verbeteringen van de voertuigefficiëncy in het wegtransport

Verbetering van het directe energiegebruik van bestelwagens [RIVM, Energiegebruik en emissies per vervoerswijze] wordt ingeschat op 22% in 2010 ten opzichte van 1995. Dit is aangenomen in de berekeningen van MV4. Voor vrachtauto's is in MV4 een verbetering met 9% aangenomen ten opzichte van 1995.

### Reductie direct energiegebruik t.o.v. bovengronds transport

In het artikel van Van Binsbergen en Bovy [Underground distribution networks] wordt voorgerekend dat in theorie het ondergrondse transport gemiddeld 40% minder energie nodig is dan vergelijkbaar bovengronds transport. Dit lijkt een goede inschatting te zijn. Dit verbeteringspotentieel is vnl. toe te schrijven aan:

- gehomogeniseerde verkeersstromen;
- lagere snelheden;
- minder stop en go.

In de praktijk zal de besparing volgens [Van Binsbergen en Bovy] minder zijn dan 40% door minder hoge beladingsgraden en de mogelijk grotere omwegfactoren in ondergronds transport. De auteurs wijzen er in hun artikel echter ook op dat door ontwikkelingen zoals hybride voertuigen en batterijen mogelijk ook nog energiebesparing zal optreden in bovengrondse systemen

(de referentie). Het spreekt voor zich dat deze ontwikkelingen in de referentiesituatie moeten worden meegenomen.

In andere studies varieert de inschatting van de verbetering van de energie-efficiënte met OLS ten opzichte van conventioneel bovengronds transport aanzienlijk (zie Tabel 7).

Tabel 7 Verbetering van het directe energiegebruik van OLS ten opzicht van bovengronds transport (diverse bronnen)

verbetering energie-efficiënte	Bron	opmerking
factor 10 en factor 20 lijkt haalbaar bij verdere optimalisatie	Buisleidingen voor goedertransport, Definitiestudie DTO deelprogramma verplaatsen, Haccou, Visser, Eltingh. mei 1996	Berekening op basis van vervoersprestaties en energiegebruik van resp. weg en railvervoer.
factor 8	Brouwer e.a. 1997 Buisleidingen transport voor stedelijk goederenvervoer, Deel A, DTO werkdocument	Exclusief de verbetering met factor 1,7 in het bovengrondse transport
factor 3,5	Brouwer e.a. 1997, Buisleidingen transport voor stedelijk goederenvervoer, Deel B, DTO werkdocument	OTB in vergelijking met een bestelwagen Verbetering afhankelijk van keuze transporttechniek, beladingsgraden etc.
40% reductie	Van Binsbergen en Bovy, Underground Distribution networks	

De factor 8 die in het DTO-rapport "Buisleidingtransport (BLT) voor stedelijk Goederenvervoer (Deel A)" van Brouwer *et al* wordt genoemd, wordt hier nog wat nader beschouwd. Deze studie geeft aan dat het energiegebruik in het stedelijk goedertransport door de toepassing van ondergronds stukgoedertransport af zou kunnen nemen met een factor 8. De factor 8 van DTO is inmiddels een gevleugeld begrip geworden voor de reductie van het energiegebruik door middel van ondergronds transport in stedelijk gebied. Op dit cijfer is een en ander af te dingen:

- Er wordt bij de factor 8 een vergelijking gemaakt van het energiegebruik voor het stedelijk bovengrondse goederenvervoer nú en het energiegebruik voor het *ondergrondse deel* van het toekomstige stedelijke goederenvervoer wanneer dat deels ondergronds is gegaan. Zo'n vergelijking is erg ongebruikelijk; meestal wordt een alternatief systeem vergeleken met een verder ontwikkelde referentiesituatie. De aangegeven autonome efficiency-verbetering in het bovengrondse transport met een factor 1,7 moet dus worden meegenomen. Verder ligt het meer voor de hand om ook het toekomstige bovengrondse stadsvervoer in de vergelijking te betrekken omdat dat waarschijnlijk een belangrijk deel van het natransport van het ondergrondse systeem verzorgt. Beide factoren resulteren op basis van de DTO-cijfers in een reductie van het energiegebruik door ondergronds stukgoedertransport met een factor 2 tot 3 in vergelijking met toekomstig bovengronds transport. Dit is aanzienlijk lager dan de verwachting die de factor 8 wekt.
- Het indirecte energiegebruik is niet meegerekend. Dit blijkt een uiterst belangrijke component te zijn, zie ook paragraaf 5.4.
- Men kan zich verder afvragen of het zinvol is om alleen het stedelijke deel van de gehele vervoersketen van stukgoederen te beschouwen.

Wanneer de stukgoederen vanuit een andere regio worden aangevoerd, zou het energiegebruik van het transport naar de stad toe wel eens doorslaggevend kunnen zijn en blijven. Een forse verlaging van het energiegebruik van een klein stukje stedelijk transport moet dan wel goed worden uitgelegd. Met betrekking tot de luchtverontreinigende emissies kan een en ander wel anders liggen omdat de stad door relatief veel hinder van ondervindt.

- De beladingsgraden in het bovengrondse en ondergrondse transport worden in de studie niet inzichtelijk gemaakt.
- Het energiegebruik van OTB wordt in deze rapportage geschat op 0,05 tot 0,2 MJ per ladingseenheidkm. De definitie van de voertuigen is niet verder uitgewerkt. In de studie wordt uitgegaan van kilometers en laadeenheden en niet van beladingsgraden en massa's per voertuig. Dit maakt het geven van een inschatting van de juistheid van het opgegeven energiegebruik lastig.

#### **Overig energiegebruik: verticaal transport, voor- en na transport**

Het energiegebruik in verticaal transport wordt door de auteurs Van Binsbergen en Bovy verwaarloosbaar geacht (0,2% van het totaal, dus daar hoeft verder geen aandacht meer aan te worden besteed). Van Binsbergen besteedt geen aandacht aan het extra voor- en natransport dat toch nodig blijft bij ondergronds transport. Hiervoor is uiteraard ook energie nodig.

#### **Conclusies direct energiegebruik**

Schattingen van de verbetering van het ondergronds transport op het gebied van het directe energiegebruik lopen ver uiteen. Van belang is te weten welke voertuigen met elkaar worden vergeleken. Dit kan worden geïllustreerd met het grote verschil in energie-efficiëntie dat er bestaat tussen bijvoorbeeld een bestelwagen en een vrachtwagen. Nauwkeurige voertuigdefinitie is dus vereist. Het directe energiegebruik in het transport kan volgens [Van Binsbergen en Bovy] in de ondergrond in theorie 40% gunstiger uitvallen. Dit lijkt gemiddeld genomen een goede benadering te zijn, die verder afhankelijk is van welke voertuigen met elkaar worden vergeleken en welke snelheden of beladingsgraden worden verondersteld. Naast het directe energiegebruik speelt volgens [Van Binsbergen en Bovy] het indirecte energiegebruik in de vergelijking een niet te verwaarlozen rol. Dit zal in de volgende paragrafen aan de orde komen.

### **5.3 Indirect Energiegebruik**

Het energiegebruik van ondergronds transport in de aanlegfase (indirect energiegebruik) is significant [Bos 1998] waardoor in het ongunstigste geval transportsystemen kunnen ontstaan die minder energie-efficiënt zijn dan bovengrondse systemen [Van Binsbergen en Bovy].

#### **Bovengronds transport**

Het indirecte energiegebruik van het goederenvervoer zit m.n. in grondverzet en infrastructuraanleg (asfalt en betonconstructie e.a.) en in de productie van de benodigde voertuigen. In de traditionele 'oppervlakte-weg-infrastructuur' varieert het gemiddelde indirecte energiegebruik van 0,2 tot 1,3 MJ/tonkm (Van Binsbergen en Bovy, Bos). Dit kan (in het geval van 1,3 MJ per tonkm) volgens de auteurs tot ca 20% bedragen van het directe

energiegebruik (Het directe energiegebruik is dan volgens Van Binsbergen 6 MJ/km voor een bestelwagen met 1.000 kg lading)<sup>12</sup>.

In de studie van Bos [1998] is het indirecte energiegebruik van wegtransport, binnenvaart en railtransport vergeleken met het totale energiegebruik. Een aantal van de conclusies wordt hieronder vermeld (zie ook Tabel 8).

De indirecte energie- en milieu-effecten van het goederenvervoer over het spoor de weg en de binnenwateren maken volgens Bos [1998] een aanzienlijk deel uit van de totale energie- en milieu effecten van het goederenvervoer. De benuttingsgraad van de infrastructuur bepaalt daarbij in hoge mate het indirecte energiegebruik.

Bos adviseert daarom dat in de toekomst deze indirecte effecten ook in beschouwing genomen moeten worden, temeer omdat het aandeel van de indirecte effecten in de toekomst mogelijk zal toenemen als gevolg van uitbreidingen van het infrastructurele net. De uitkomsten zijn gemiddelden voor het gehele Nederlandse goederenvervoersysteem anno 1990 (Tabel 8). Voor specifieke onderdelen van het systeem wijken de resultaten af. Zo is het indirecte energiegebruik voor het goederenvervoer op de Nederlandse snelwegen (0,07 MJ/tonkm) aanzienlijk lager dan het gemiddelde doordat:

- op het snelwegennet ca 50% van de goederen wordt vervoerd;
- de lengte van het snelwegennet (2.000 km) relatief kort is in vergelijking met het gehele Nederlandse wegennet (104.000).

Een belangrijke opmerking van Bos [1998] is dat de berekeningen zijn gebaseerd op zgn. 'stabiele' infrastructuursystemen. Voor niet stabiele systemen, zoals vervoerssystemen die nieuw worden aangelegd of worden uitgebreid kan het indirecte energiegebruik (tijdelijk) aanzienlijk afwijken.

Tabel 8 Indirect energiegebruik goederenvervoer 1990 (bron: Bos, 1998)

Modaliteit	Indirect energiegebruik (MJ/tonkm)	aandeel indirect in het totaal (direct + indirect) *)	aandeel vervoermiddel in het indirecte energiegebruik
wegtransport	0,47	18%	25% à 40%
spoortransport	0,30	45%	
binnenvaart	0,27	60%	

\*) opmerking: Deze cijfers zijn afkomstig uit Bos (1998) en kunnen niet worden vergeleken met de cijfers voor direct energiegebruik uit Tabel 5 en Tabel 6.

De door Bos berekende bandbreedte van het gemiddelde indirecte energiegebruik bedraagt dus 0,27 – 0,47 MJ/tonkm. In dezelfde studie wordt literatuur aangehaald waaruit een bandbreedte blijkt van 0,2 tot 1,3 MJ/tonkm. De cijfers van Bos vallen binnen deze bandbreedte. Deze laatste bandbreedte (0,2 – 1,3) wordt verder in deze notitie gehanteerd.

### Ondergrondse systemen stukgoederenvervoer

Er lijken in de literatuur geen bronnen te zijn waarin berekeningen worden gemaakt van het indirecte energiegebruik van ondergronds stukgoederenvervoer. Om deze reden heeft het CE een eigen berekening gemaakt op

<sup>12</sup> Een lading van 1000 kg is voor een bestelwagen wel erg veel. Een goede schatting voor de gemiddelde massabeladingsgraad van bestelauto's bedraagt 29% (ca 300 kg) [Specific energy consumption and emissions of freight transport, CE 1997] In dat geval is het aandeel indirect energiegebruik dus veel kleiner dan 20%, en relatief van minder betekenis.





basis van een methodiek die wordt aangegeven in het proefschrift van Sandra Bos (Bos, 1998); zie paragraaf 5.4. Bos beschrijft twee principieel verschillende methodieken voor de bepaling van het indirecte energiegebruik. In onderstaande paragraaf worden deze kort toegelicht: de Input-Output Energie Analyse en de Proces Energie Analyse.

#### *Input-Output Energie Analyse*

Bij de methode 'Input-Output Energy Analysis' (IOEA) wordt de economie opgebouwd gedacht uit verschillende sectoren. De energie-input en de energie-output van elke sector, gebaseerd op de fysieke processen in de economie, wordt gerepresenteerd door de verhouding van het energiegebruik en de geldelijke waarde van de goederen en diensten die worden geproduceerd. Voor elke economische sector zijn in eerdere onderzoeken uit de productie en de hoeveelheid energie die daarvoor nodig was, geaggregeerde energie-intensiteiten afgeleid.

De methode kan worden toegepast voor het berekenen van het indirecte energiegebruik van ondergronds stukgoederentransport (in MJ/tonkm) door de investeringsbedragen voor de verschillende onderdelen te vermenigvuldigen met de genoemde energie-intensiteiten, deze bij elkaar op te tellen en te delen door de vervoersprestatie. Daarbij spelen slechts enkele economische sectoren een rol, zie Tabel 9.

Tabel 9 Energie-intensiteit van sectoren

Sector	Energie-intensiteit (MJ/f)
Voertuigbouw	4,00
Constructie en installatie	4,41

Er zijn bij de berekening verder enige aannamen nodig over de levensduur van de onderdelen (in jaren) en de onderhoudskosten gedurende de levensduur. Uiteindelijk moet de 'energie-investering' worden omgeslagen naar de hoeveelheid vervoerde stukgoederen in een bepaalde periode.

De IOEA-methode kent enkele zwakke punten, waaronder:

- de eerste investeringsramingen van grote bouwprojecten blijken, zeker ook in Nederland, vaak een grove onderschatting van latere kostenbegrotingen te betreffen. Zie ook de oorspronkelijke investeringsramingen voor de Deltawerken, de HSL-Zuid, Betuweroute en de Noord-zuidmetrolijn in Amsterdam;
- de energie-intensiteiten voor de constructie- en installatiesector zijn een gemiddelde van diverse soorten projecten waaronder, maar zeker niet alleen, ondergrondse werken vallen. De kans bestaat dat de kengetallen daarom lager óf hoger uitvallen wanneer ondergrondse werken zich in energetisch opzicht onderscheiden van bovengrondse werken.

#### *Proces Energie Analyse (PEA)*

Bij de Proces Energie Analyse (PEA) wordt gekeken naar de hoeveelheid energie die nodig was of is om de materialen te produceren en te verwerken voor de bouw en het onderhoud van de infrastructuur en de benodigde voertuigen. Deze methode werkt waarschijnlijk nauwkeuriger dan de voorgaande methode maar vraagt dan ook veel meer informatie. In Tabel 10 worden de materialen genoemd die naar verwachting de meeste invloed op de uitkomst hebben.

Tabel 10 Energie-inhoud van materialen

Materiaal	Energie-inhoud (MJ/kg)
Staal en staalplaten	blok staal: 20,2 uitwalsen: 7,2 galvaniseren: 1,5 persen: 1,3 totaal: 30,2
Gietijzer en -producten	27,6 op basis van 50% secundair ijzer
Aluminium en aluminiumplaten	Nederlands aluminium: 198,2 productie platen: 10,5
Koper	Nederlands koper: 90
Plastics (ABS, PVC, ...)	62-85
Rubber	56 (incl. 35% hergebruik)
Hout	30
Glas en verf	50
Zand	0,1
Ballastmaterialen	0,25 excl. transport naar project vanaf een Nederlandse binnenhaven
Beton	2,5

In principe moet men voor het gebruik van de PEA-methode weten hoeveel materiaal van welke soort in het project wordt verwerkt. De verschillende hoeveelheden worden vervolgens vermenigvuldigd met de energiekentallen uit bovenstaande tabel en bij elkaar opgeteld. De som wordt gedeeld door de met het systeem hoeveelheid vervoerde stukgoederen.

De PEA-methode kent enkele zwakke punten, waaronder:

- er zijn zeer veel gegevens nodig. Wanneer bepaalde materialen worden vergeten, treedt een onderschatting van het energiegebruik op;
- vaak zal in de fase van het voorlopige ontwerp van een project niet precies bekend zijn hoe bepaalde zaken worden uitgevoerd waardoor mogelijk de materiaalkeuze moeilijk kan zijn;
- de energiekentallen zijn sterk afhankelijk van de wijze waarop het betreffende materiaal wordt gemaakt (hergebruik, land van herkomst, ..).

#### 5.4 Berekening indirect energiegebruik OLS met de IOEA-methode

Het meest interessant zou nu zijn om met beide beschreven methoden een schatting te maken van het indirecte energiegebruik van een bovengronds en ondergronds systeem voor stukgoederentransport. Dit levert een bandbreedte op die mogelijk model kan staan voor de optredende variaties in het indirecte energiegebruik. De PEA methode is echter op dit moment door het CE niet toe te passen bij gebrek aan gegevens over de materialen waarmee de transportbuizen, de wijkdistributiewinkels, de logistieke parken en de voertuigen worden vervaardigd. Om die reden is door het CE een IOEA-berekening uitgevoerd (Input Output Energie Analyse).

Op basis van cijfers die door TNO Bouw in de eerste fase van IPOT zijn gegenereerd en cijfers van TNO Inro uit de tweede fase van IPOT, heeft het CE een schatting gemaakt van het indirecte energiegebruik van een systeem voor ondergronds stukgoederentransport. Er is gerekend met:

- investeringsbedragen per onderdeel (volgens TNO Bouw): buisleidingen binnen de bebouwde kom, buisleidingen buiten de bebouwde kom, wijkdistributiewinkels, logistieke parken en de transportvoertuigen;

- levensduren voor deze componenten (schatting CE: voertuigen: 20 jaar, overige componenten: 50 jaar);
- aantallen per onderdeel (volgens TNO Bouw): kilometers buisleidingen, aantal wijkdistributiewinkels, aantal logistieke parken en het aantal transportvoertuigen;
- onderhoud (schatting CE): 2% voor bouwwerken en 3% voor de voertuigen;
- energie-intensiteiten (zie Tabel 11);
- indicatieve vervoersprestatie van diverse verbindende netwerken in 2030 (volgens TNO Inro).

Er zijn in IPOT 2 zg. ontwerpateliers georganiseerd waar verschillende logistieke systemen voor stukgoederen zijn geconstrueerd die alle ondergronds zijn voor het lokale transportdeel in de regio van herkomst en bestemming (beide gemiddeld over een vervoersafstand van 10 km). Voor het verbindende netwerk zijn daarbij vier varianten gedefinieerd: een netwerk met buisleidingen, een netwerk met gemoderniseerd railvervoer ('rail-combi': gecombineerd transport van reizigers en stukgoederen in containers), een netwerk met binnenvaartschepen en een netwerk met een zg. combi-road infrastructuur (geleide, onbemande vrachtwagens). TNO Inro heeft een globale schatting gemaakt van de vervoersprestaties van deze netwerken. Deze prestaties verschillen sterk als gevolg van de verschillen in concurrentiekracht die worden veroorzaakt door de ligging van de netwerken, de vervoersprijzen en de fijnmazigheid. Het volledige OTB-netwerk verwerkt volgens de globale prognoses rond 2030 jaarlijks ca 50 mln ton (6 Gtonkm), het rail-combi-netwerk ruim 60 mln ton (9,5 Gtonkm), het binnenvaartnetwerk ruim 20 mln ton (4 Gtonkm) en het combi-road-netwerk bijna 45 mln ton (6 Gtonkm).

Op basis van deze gegevens en de eerder genoemde gegevens over direct en indirect energiegebruik van verschillende modaliteiten, heeft een CE een zeer indicatieve schatting gemaakt van het directe en indirecte energiegebruik per tonkm in bovengenoemde vier logistieke netwerken. Deze uitgangspunten leveren het volgende beeld:

Tabel 11 Uitkomsten OIEA-berekening energiegebruik (alle cijfers in MJ/tonkm)

Type verbindend netwerk	stedelijk deel (=ondergronds)		verbindend netwerk		totaal stedelijk en verbindend, gewogen naar aandeel in de keten		totaal, direct + indirect energiegebruik
	direct	indirect*	direct	indirect ***	direct	indirect	
Ondergronds	1,0	16	1,0	3,7	1,0	5,3	6,3
Rail-combi		13	0,7 **	0,3	0,7	1,6	2,3
Binnenvaart		32	0,4 **	0,3	0,5	3,5	4,0
Combi-road		13	1,3	0,5	1,3	2,1	3,4

\* De verschillen in deze kolom ontstaan door de veronderstelling dat de lokale ondergrondse netwerken in alle varianten hetzelfde zijn (structuur, capaciteit) terwijl de totale goederendoorzet sterk verschilt per variant.

\*\* Bos, 1998: Appendix A, p. 258.

\*\*\* Voor rail-combi, binnenvaart en combi-road zijn de cijfers uit Tabel 8 overgenomen (dit betreft cijfers uit Bos, 1998). Dit is een grove aanname, o.a. omdat het hier om specifieke toepassingen gaat van rail-, water- en wegvervoer en omdat mag worden verwacht dat het energiegebruik de komende jaren nog zal veranderen).

Bij de OTB-variant van TNO Inro is door het CE, bij gebrek aan andere of meer gedetailleerde informatie, een aantal kengetallen uit de fase 1-studie van TNO Bouw overgenomen (variant 'Nederland 14 knopen +'). Deze variant kent een netwerk van circa 10.000 km ondergrondse buisleiding waardoor ongeveer 900.000 voertuigen heen en weer rijden langs ruim 1.400 wijkdistributiewinkels en 24 logistieke parken. Het TNO Bouw-cijfer voor de vervoersprestatie van dit netwerk (21 Gtonkm per jaar) is inmiddels niet meer bruikbaar gebleken; TNO Inro heeft daar nieuwe inzichten over opgeleverd op basis van het volume aan stukgoederen en de zg. palletiseerbaarheid daarvan.

Bij de berekening is uitgegaan van een vervoersprestatie die lineair meegroeit met de bouw van het systeem. Dat levert een onderschatting op van het indirecte energiegebruik omdat in werkelijkheid de maximale gerealiseerde vervoersomvang aan de vraagkant wegens transitieprocessen pas na enige tijd kan worden bereikt.

Het onderhoud is berekend als een percentage van de investeringskosten en wordt ook verondersteld dezelfde energie-intensiteit te hebben als de bouw van de infrastructuur. Hierbij hoeft geen financiële correctie plaats te vinden voor de toekomstige reële waarde van de geldeenheid omdat er wordt vertaald naar energietermen die daar niet gevoelig voor zijn. Onderhoud speelt een belangrijke rol in de kosten: onderhoud ter waarde van 2% per jaar van de hoogte van de eenmalige investeringen (schatting CE) over 50 jaar komt overeen met waarde ter hoogte van de gehele initiële investering.

Om te bekijken wat het effect is van verschillende aannamen is voor de volledig ondergrondse variant (ook het verbindende netwerk is daarbij ondergronds) een beknopte gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. Weergegeven zijn hieronder diverse totaaluitkomsten als functie van een variatie in een aantal cijfers:

Tabel 12 Resultaten gevoeligheidsanalyse OTB-scenario

Verandering	indicatief indirect energiegebruik per component (MJ/tonkm)
geen (standaardberekening)	5,5
levensduur voertuigen 30 i.p.v. 20 jaar	5,0
onderhoud infrastructuur 4% i.p.v. 2%	7,5
onderhoud voertuigen 5% i.p.v. 3%	5,5
buisleiding binnen bebouwde kom per km tweemaal zo duur	6,5
buisleiding buiten bebouwde kom per km tweemaal zo duur	7,5
alle buisleidingen per km tweemaal zo duur	9,0
wijkdistributiewinkels tweemaal zo duur	6,0
Logistieke parken tweemaal zo duur	5,5
Transportvoertuigen tweemaal zo duur	6,5

Het blijkt dat in de grootste netwerkvariant de gevoeligheid van de investeringen (m.n. de interlokale buisverbindingen) en de energiekosten van het onderhoud aan de infrastructuur gevoelige parameters zijn. Het CE acht het heel goed mogelijk dat de investeringskosten in de buisinfrastructuur tweemaal zo hoog zijn dan op dit moment begroot.

## 5.5 Vergelijking totaal energiegebruik (direct + indirect)

Wat bij de vergelijking tussen OLS en andere modaliteiten verder in aanmerking moet worden genomen is de potentiële verbetering van de efficiëntie die nog redelijkerwijs te verwachten is. Voor bestelwagens en vrachtwagens is dit in 2010 ten opzicht van 1995 ingeschat op 22% resp. 9% reductie (RIVM). Andere mogelijkheden ter verbetering zijn het verhogen van de benuttingsgraad van de voertuigen door enerzijds het aantal voertuigkilometers terug te dringen en anderzijds de gemiddelde beladingsgraad te verhogen. Verder is van belang dat met de hoogte van het energiegebruik nog geen uitspraak wordt gedaan over de milieu-effecten van dat gebruik. Door het toepassen van (een percentage) duurzame bronnen voor het leveren van de (elektrische) energie kunnen deze effecten worden beïnvloed. Bij ondergronds stukgoederentransport zijn er voor het directe energiegebruik in principe eenvoudige mogelijkheden voor het inkopen van elektriciteit uit duurzame bronnen. Voor bovengronds transport zijn deze mogelijkheden in principe ook aanwezig maar vooralsnog lijken zij in de praktijk beperkt tot elektrische tractie in stedelijke gebied of het toepassen van alternatieve brandstoffen zoals biodiesel.

De voorzichtige conclusie hieruit is dat het directe energiegebruik van ondergronds transport globaal gezien lager is dan het directe energiegebruik van het gemiddelde bovengrondse wegtransport. Het indirecte energiegebruik is naar verwachting echter vele malen hoger per tonkm, afhankelijk van de variant van ondergronds stukgoederentransport die men beschouwt en de lengte en vorm van de keten. Naar welke kant het voordeel uitvalt wanneer naar het totale energiegebruik wordt gekeken, hangt af van de gehanteerde aannames en uitgangspunten ten aanzien van:

- de variant van ondergronds stukgoederentransport;
- beladingsgraad van beide transportmodi;
- de bovengrondse voertuigsoort: wanneer wordt vergeleken met het gemiddelde energiegebruik van bovengronds transport ontstaat een ander beeld dan wanneer alleen met transport d.m.v. bestelwagens wordt vergeleken. Bestelwagens hebben een aanzienlijk hoger indirect energiegebruik [Bos, 1998] dan het gemiddelde wegtransport;
- de vorm en de samenstelling van de specifieke vervoersketen en het aandeel van het voor- en natransport;
- gebruiksintensiteit van de infrastructuur: bepalend voor het indirecte energiegebruik, wegens de 'afschrijving' van de aanlegenergie en wegens het energiegebruik van het onderhoud.

## 5.6 Conclusie energie-analyse

### *Direct energiegebruik*

Het directe energiegebruik is zowel voor bovengronds als ondergronds transport van stukgoederen niet precies aan te geven. Dit heeft te maken met het feit dat niet exact is aan te geven met welke voertuigen en welke beladingsgraad stukgoederen worden vervoerd en met het feit dat er (nog) een grote ontwerpvrijheid is om ondergrondse stukgoederensystemen vorm te geven (grote en kleine buisdiameters, luchtbanden of rail, wel of geen 'meewind' in de tunnel etc.).

Toch is er wel een eerste, indicatieve schatting te maken van het directe energiegebruik van boven- en ondergronds vervoer van stukgoederen. Ondergrondse systemen kennen naar verwachting een lager tot gelijk direct energiegebruik per tonkilometer. Het is wel van belang om hier de zg. om-

wegfactor (verhouding tussen de werkelijk af te leggen afstand en de hemelsbrede afstand) bij te betrekken; de fijnmazigheid is daarop van cruciale invloed. Verder is het aandeel van het ondergrondse vervoer in de gehele vervoersketen vanaf de verzender van groot belang: als alleen de distributie in de stad ondergronds plaatsvindt en de aanvoer over de weg, dan is het energiebesparingseffect klein of mogelijk zelfs verwaarloosbaar.

#### *Direct energiegebruik*

Er zijn in de literatuur twee methoden gevonden voor de bepaling van het indirecte energiegebruik van bovengronds en ondergronds goederenvervoer. De eerste methode maakt gebruik van de 'energie-inhoud' van de gebruikte materialen, de tweede methode koppelt de te investeren bedragen aan kengetallen die aangeven hoeveel 'energie-inhoud' de betreffende bouwsector realiseert per gulden die het project kost.

Het indirecte energiegebruik van het wegvervoer is tijdens een eerder promotie-onderzoek (van S. Bos) aan de orde geweest. Daarbij zijn beide bovengenoemde methoden gevolgd. Het indirecte gebruik blijkt sterk afhankelijk van het wegtype (snelwegen hebben vanwege de hoge relatieve vervoersomvang een lage energie-intensiteit per tonkm) maar is gemiddeld en indicatief gezien altijd lager dan het directe energiegebruik.

Het indirecte energiegebruik van het ondergronds stukgoederentransport is door het CE benaderd met de methode die uit gaat van de investeringsramingen voor een OLS. Daarbij zijn de investeringscijfers van TNO-Bouw uit IPOT-fase 1 gebruikt en vervoersprognoses van TNO Inro voor verschillende OLS-varianten. Uit deze analyse blijkt dat het indirecte energiegebruik van systemen voor ondergronds stukgoederentransport gemiddeld gezien aanzienlijk hoger is dan het directe energiegebruik.

#### *Som van direct en indirect energiegebruik*

De indicatieve som van direct en indirect energiegebruik van OLS (gewogen 2,5 – 6,5 MJ/tonkm) ligt in dezelfde grootte-orde als dezelfde som voor het wegvervoer (ca 2 MJ/tonkm). Een OLS waarbij ook het verbindend netwerk ondergronds is uitgevoerd, lijkt het totale energiegebruik per tonkm fors hoger te zijn dan bij OLS-sen waarbij moderne railsystemen, binnenvaart of combi-road de verbindingen tussen de lokale netwerken verzorgen.

## 6 Conclusies en aanbevelingen

### 6.1 Conclusies

#### *Kanttekeningen*

Het CE heeft een aantal kanttekeningen geplaatst bij de aanpak die wordt gevolgd bij het onderzoeken van de haalbaarheid van een systeem voor ondergronds stukgoederentransport. Deze kanttekeningen hebben betrekking op de beleidsdoelen die ten grondslag liggen aan de keuze voor ondergronds stukgoederentransport, de effecten van ondergronds stukgoederentransport op de logistieke keten, de opzet van het onderzoek in fase 2 en bij dit laatste in het bijzonder de volledigheid van de maatschappelijke kosten-batenanalyse.

- Bijdrage OLS aan beleidsdoelen niet duidelijk  
Uit de informatie waar het CE over kon beschikken, kon niet worden afgeleid aan welke expliciete beleidsdoelen de inzet van OLS een substantiële bijdrage moet gaan leveren en ook niet hoe groot die bijdrage moet zijn. Ook wordt niet duidelijk welke doelen de meeste prioriteit hebben. Een van de redenen voor de keuze voor ondergronds stukgoederentransport die vaak wordt genoemd, is de verbetering van de bereikbaarheid en de verbetering van de kwaliteit van het leefmilieu. De vraag is hoe de overheid met het 'instrument' ondergronds stukgoederentransport op de verbetering van deze aspecten kan sturen en welke randvoorwaarden daarbij noodzakelijk zijn. Zo is het aandeel van personenauto's in de verkeerscongestie op de snelwegen en bij ernstige ongevallen veel meer bepalend dan dat van vrachtwagens. Het ruimtegebruik van vrachtverkeer in de stad is beperkt. Er is wel hinder (congestie) door het laden en lossen maar ook een OLS kan niet bestaan zonder een soort stadsdistributiedienst met wegvoertuigen. Het zal immers niet rendabel blijken om elk bedrijf of elke winkel toegang te geven tot het ondergrondse systeem. Verder vallen niet alle goederen naar de steden onder de categorie stukgoederen zodat de stad toch bereikbaar moet blijven voor vrachtvervoer. Bedrijven en grotere winkels lijken met name naar de rand van de steden of naar snelweglocaties te verhuizen vanwege de hoge m<sup>2</sup>-prijs en de (prijs van de) bereikbaarheid van de locatie met de auto door klanten.
- Alternatieven voor OLS  
Er zijn meer wegen om de doelen ter vermindering van de congestie, vermindering van de emissies, verhoging van de verkeersveiligheid, verbetering van het leefklimaat te halen. Een analyse van deze routes wordt des te belangrijker naarmate de belastingbetaler voor een deel van de kosten van een OLS zal opdraaien en zeker wanneer de maatschappelijke rentabiliteit van het systeem (op lange termijn) gering blijkt te zijn. Voorbeelden van alternatieve beleidsmaatregelen zijn het invoeren congestieheffing, het verplichten van volledige zijafscherming voor vrachtwagens (ook gunstig voor het energiegebruik), het aanscherpen van de geluidsnormen voor vrachtauto's en personenauto's. Bij de discussie over andere oplossingsrichtingen is een belangrijk punt de mate waarin het beleid direct van invloed is op het te bereiken doel. OLS lijkt op de meeste punten slechts *indirect* aan te grijpen op de beleidsdoelen. Soms kan dat opportuun zijn omdat er voor andere beleidsrichtingen onvoldoende draagvlak is of kan worden gekweekt. Een nadeel van de indirecte aangrijping is echter dat nog maar de vraag is of er dan ook wer-

kelijk een bijdrage aan de doelen wordt geleverd; dat is dan voor een groot afhankelijk van flankerende maatregelen. De Betuwelijncasus laat zien dat die toezegde flankerende maatregelen ook wel eens kunnen uitblijven.

- Maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA)  
De fase 1-analyse van de haalbaarheid van OLS lijkt nog niet te voldoen aan een aantal criteria voor een goede MKBA. Zo is het referentiescenario nog onvoldoende uitgewerkt, zijn er nog kwalitatief onvoldoende energie- en emissiecijfers voor vrachtwagens toegepast, worden enkele belangrijke maatschappelijke effecten niet beschouwd en wordt een aantal effecten ten onrechte niet gemonetariseerd.

#### *Relevante maatschappelijke effecten*

Op basis van een vooral intuïtieve inschatting van het CE zijn de volgende aspecten bij het onderzoeken van de haalbaarheid van ondergronds stukgoederentransport belangrijk:

- kosten en effecten van overslag van en naar een systeem voor ondergronds stukgoederentransport en van het benodigde voor- en natransport;
- invloed op de ontwikkeling van reizigerskilometers (reboundeffect) wanneer de ruimte die vrijkomt door het verminderen van het goederenvervoer wordt ingenomen door personenvervoertuigen;
- invloed van ondergronds stukgoederentransport op de modal shift van het goederenvervoer;
- invloed op de benutting van de infrastructuur;
- ruimtelijke kwaliteit (aanbod, gebruik, efficiënt gebruik, effecten op de bovengrondse infrastructuur nadat er een ondergrondse infrastructuur is aangelegd, landschappelijke waarden);
- energiegebruik: direct en indirect;
- effect op de stedelijke luchtkwaliteit: emissies en volksgezondheid;
- effect op de verkeersveiligheid.

Methodisch is er naar inschatting van bovenstaande belangrijke onderwerpen volgens het CE weinig bekend van de volgende onderwerpen:

- ruimtelijke kwaliteit (aanbod, gebruik, efficiënt gebruik, effecten op de bovengrondse infrastructuur nadat er een ondergrondse infrastructuur is aangelegd, landschappelijke waarden);
- invloed op de ontwikkeling van reizigerskilometers (reboundeffect);
- energiegebruik: direct en indirect.

#### *Ingrediënten referentiescenario stukgoederentransport*

Het CE draagt een aantal kenmerken aan voor een scenario dat beschrijft hoe het verkeer en vervoer zich zou kunnen ontwikkelen zonder een systeem voor ondergronds stukgoederentransport:

- kenmerken goederenvervoer (o.a. trend naar de inzet van grotere vrachtauto's op lange afstanden en dus meer efficiency, kleinere eenheden op korte afstanden, grootste volumegroei in het internationale transport, meeste tonkilometers en kilometers in interlokaal en met name in het internationaal transport);
- prijsbeleid (o.a. kilometerheffing naar tijd en plaats te verwachten, toerekening van minstens een deel van de externe kosten);
- variabilisatie autokosten (volledige variabilisatie van BPM en MRB);
- betere benutting infrastructuur (implementatie technische maatregelen (snelheidsbegrenzing en snelheidshandhaving), gedragsmaatregelen en informatievoorziening, differentiatie van tarieven naar tijd en plaats);



- criteria voor aanleg nieuwe infrastructuur (volgens strenge criteria (MKBA), PPS-constructies);
- geen/nauwelijks stadsdistributie (blijvend geringe bereidheid tot samenwerken van ondernemers, staat dwars op de trend van 'marktwerking' in het transportbeleid);
- congestie en bereikbaarheid (meer spreiding van transport over dag en zelfs nacht; er is een toename van de kosten voor lokaal transport door eisen t.a.v. milieu en tijdvensters, individueel personenvervoer in de stad wordt minder toegelaten (o.a. door parkeerbeleid, transferia aan de stadsrand);
- kwaliteit van transport (concurrerende modaliteiten van het wegtransport moeten zowel op prijs als op flexibiliteit en betrouwbaarheid beter scoren, wegtransport zal bij volledig toerekening van externe kosten relatief minder duurder worden dan overige modaliteiten);
- ruimtelijke ontwikkeling (corridorvorming langs bestaande infrastructuurassen, betere inpassing van nieuwe infrastructuur in de omgeving vereist (=kostenverhoging));
- logistiek (grote winkelbedrijven en winkelketens maken in toenemende mate gebruik van eigen distributiecentra op slim gekozen locaties, Succesvolle initiatieven ter verbetering van de logistiek en samenwerking zijn voornamelijk afkomstig uit de bedrijven, stadsdistributie zonder randvoorwaarden geen succes).

#### *Analyse energiegebruik*

Het CE heeft een verkenning uitgevoerd naar een indicatie voor het directe en indirecte energiegebruik van bovengronds- en ondergronds vervoer stukgoederenvervoer .

Het directe energiegebruik is zowel voor bovengronds als ondergronds transport van stukgoederen niet precies aan te geven. Toch is er wel een eerste, indicatieve schatting te maken van het directe energiegebruik van boven- en ondergronds vervoer van stukgoederen. Ondergrondse systemen kennen naar verwachting een lager tot gelijk direct energiegebruik per tonkilometer, afhankelijk van het soort verbindend netwerk (ook ondergronds, met railvervoer, met binnenvaart of met automatisch geleid onbemand wegtransport. Het is wel van belang om hier de zg. omwegfactor (verhouding tussen de werkelijk af te leggen afstand en de hemelsbrede afstand) bij te betrekken; de fijnmazigheid is daarop van cruciale invloed.

Het indirecte energiegebruik van OLS is door het CE benaderd met de IOEA-methode die uit gaat van de investeringsramingen voor een OLS. Daarbij zijn de cijfers van TNO-Bouw uit IPOT-fase 1 gebruikt: investeringscijfers en vervoersprestaties voor verschillende OLS-varianten. Uit deze analyse blijkt dat het indirecte energiegebruik van systemen voor ondergronds stukgoederentransport aanzienlijk hoger is dan het directe energiegebruik.

De indicatieve som van direct en indirect energiegebruik van OLS (gewogen 2,5 – 6,5 MJ/tonkm) ligt in dezelfde grootte-orde als dezelfde som voor het wegvervoer (ca 2 MJ/tonkm). Een OLS waarbij ook het verbindend netwerk ondergronds is uitgevoerd, lijkt het totale energiegebruik per tonkm fors hoger te zijn dan bij OLS waarbij moderne railsystemen, binnenvaart of combiroad de verbindingen tussen de lokale netwerken verzorgen.

Op basis van de uitgevoerde studie kan het CE enkele aanbevelingen doen:

- het door IPOT expliciteren van de beoogde bijdrage van ondergronds stukgoederentransport aan de diverse beleidsdoelen voor CO<sub>2</sub>-reductie, verbetering van de leefomgeving, behoud van de vitaliteit van de binnensteden etc.;
- het is zinvol om de mogelijke voordelen te beargumenteren van een systeem voor ondergronds stukgoederentransport in vergelijking met andere maatregelen die eenzelfde bijdrage (kunnen) leveren aan bovengenoemde beleidsdoelen. Voorbeelden van die voordelen kunnen zijn: vermindering van trillingen in binnensteden, verhoging van de toepassingspotentieel van grotere wegtransportmiddelen (wanneer die de logistieke (overslag-) centra bevoorraden);
- het door IPOT op een aantal punten aanvullen en aanpassen van de kosten-batenanalyse (m.n. verbetering referentiescenario, hanteren geschikte discontovoet, monetarisering van emissies en verkeersonveiligheid) zodat een compleet mogelijke analyse ontstaat;
- het doen van onderzoek naar de randvoorwaarden die nodig zijn om ondergronds stukgoederentransport in de zeer sterk concurrerende omgeving (te weten het wegtransport) een substantieel marktaandeel te laten verwerven. Er kunnen diverse randvoorwaarden nodig blijken te zijn: prijsprikkels zoals een kilometerheffing in het goederenvervoer, subsidies, beperking van venstertijden in en toegang tot binnensteden, etc.;
- het leren van de positieve en negatieve ervaringen die zijn en worden opgedaan met stadsdistributiecentra. Een ondergronds stukgoederentransportsysteem zal immers ook een fijndistributiesysteem over de weg nodig hebben om de adressen zonder ondergrondse aansluiting te kunnen bedienen. Zo'n distributiesysteem is een collectieve voorziening die veel overeenkomsten kent met een stadsdistributiesysteem.

## Literatuur

- Bouwdienst Verkeer en Waterstaat, Tussenrapportage projectgroep technische uitwerking landelijk netwerk IPOT, april 1999
- Filekosten op het Nederlandse hoofdwegennet in 1997, Adviesdienst Verkeer en Vervoer (AVV), juni 1998.
- CE, Specific energy consumption and emissions of freight transport, Delft 1997
- Sandra Bos, Direction Indirect, The indirect energy requirements and emissions from freight transport, Proefschrift, 1998]
- RIVM, energiegebruik en emissies per vervoerswijze, 1997
- Van Binsbergen en Bovy Underground distribution networks, Delft 19??
- Buisleidingen voor goederen transport, Definitiestudie, DTO deelprogramma verplaatsen, Haccou, Visser, Eltingh. mei 1996
- Brouwer e.a. 1997 Buisleidingen transport voor stedelijk goederenvervoer, Deel A, DTO werkdocument
- Brouwer e.a. 1997, Buisleidingen transport voor stedelijk goederenvervoer, Deel B, DTO werkdocument



**Maatschappelijke baten  
van ondergrondse  
logistieke systemen**  
CE-bijdrage IPOT-project

**Bijlagen**

Delft, februari 2000

Opgesteld door: J.H.J. Roos  
F.G.P. Corten  
W.J. Dijkstra





# A Direct energiegebruik en emissies wegtransport

## A.1 Inleiding

In deze bijlage is een aantal gegevens opgenomen die kunnen dienen voor vergelijking van wegtransport met ondergronds transport in de periode tot 2020. De gegevens hebben betrekking op energiegebruik en emissies in het goederenwegvervoer. Eerst zal worden ingegaan op “traditionele” aandrijftechnologie (vrachtwagens met diesilverbrandingsmotoren) en een mix van diesel, LPG en benzine (bestelwagens). Overigens rijdt momenteel het merendeel van de bestelwagens op diesel (82% in 1995).

Vervolgens zal ingegaan worden op nieuwe technieken zoals brandstofcel, hybride en elektrische voertuigen en alternatieve brandstoffen.

## A.2 Verbrandingsmotoren

*Voertuigcategorieën.*

De volgende voertuigcategorieën zijn opgenomen:

- bestelwagens (<3,5 ton);
- vrachtwagens (3 categorieën);
- trekkers.

### **Vrachtwagens en trekkers**

Voor de vrachtwagens en de trekkers is gebruik gemaakt van de studie “Hoe schoon is het Nederlandse vrachtwagen park” [1] en het hiervoor opgestelde model CLEAR. In dit model is de instroom van nieuwe voertuigen en de uitstroom van de oude voertuigen uit het park beschreven. De gegevens betreffen:

- dieselloertuigen;
- parkgemiddelden (diverse zichtjaren);
- inclusief instroom Euro 3 en Euro 4;
- energiegebruik en emissies excl. Brandstofraffinage en distributie;
- trekker-oplegger combinaties;
- vrachtwagens 3,5 tot 7,5 ton GVW;
- vrachtwagens 7,5 – 12 ton GVW;
- vrachtwagens > 12 ton GVW;
- gewogen gemiddelde van verkeer in de stad, op de snelweg en op overige wegen.

Emissies en energiegebruik zijn bepaald op de wijze van Attack 2.0. Hierin zijn t.b.v. CLEAR enkele aanpassingen gemaakt (zie: Hoe schoon is het Nederlandse vrachtwagenpark)

### **Bestelwagens**

Voor de bestelwagens zijn het energiegebruik en de emissies overgenomen uit de MV4 [2]. Deze cijfers hebben betrekking op:

- bestelwagens totaal (= diesel+benzine+LPG, gewogen naar aandeel);
- emissies en energiegebruik bij vastgesteld beleid (exclusief fase vier emissie-eisen).

Aanvullende berekeningen op de wijze waarmee in CLEAR berekeningen zijn uitgevoerd, zijn eventueel mogelijk, in dat geval zal ook de fase vier emissie-eisen van bestelauto's worden meegenomen.

Tabel 13 Emissies in gram per voertuigkilometer, energiegebruik in MJ per voertuigkilometer en benuttingsgraad en laadvermogen van respectievelijk trekkers, vrachtwagens totaal, vrachtwagens klein, vrachtwagens middel, vrachtwagens groot en bestelwagens.

Gram/km	Trekkers	vr w totaal	vr w			bestel <3,5 ton	
			3,5 - 7,5 ton	7,5 – 12 ton	>12 ton		
<b>Nox</b>							
2000	10,6	9,2	3,8	5,2	10,3	0,81	
2010	5,0	4,7	2,0	2,8	5,2	0,65	
2020	3,7	3,4	1,5	1,9	3,8	0,64	
<b>CO<sub>2</sub></b>							
2000	890	797	354	456	890	240	
2010	858	763	339	437	858	201	
2020	865	756	330	433	855	195	
<b>Pm10</b>							
2000	0,30	0,31	0,29	0,30	0,31	0,14	
2010	0,11	0,13	0,12	0,14	0,13	0,08	
2020	0,09	0,10	0,08	0,10	0,10	0,08	
<b>MJ/km</b>							
2000	12,1	10,9	4,8	6,2	12,1	3,29	
2010	11,7	10,4	4,6	6,0	11,7	2,76	
2020	11,8	10,3	4,5	5,9	11,7	2,68	
<b>Benuttingsgraad %</b>							
2000	0,52	---	0,44	0,44	0,47	pm	
2010	0,54	---	0,45	0,45	0,48	pm	
2020	0,56	---	0,47	0,47	0,50	pm	
<b>Laadvermogen (ton)</b>							
2000	21,1	---	3,0	6,0	19,1	pm	
2010	21,4	---	3,1	6,1	19,4	pm	
2020	21,4	---	3,1	6,1	19,4	pm	

#### Voertuigkilometer en tonkilometer

Energiegebruik en emissies zijn in bovenstaande tabel weergegeven per voertuigkilometer. De cijfers kunnen worden omgerekend naar emissies en energiegebruik per tonkilometer met de informatie over de benuttingsgraad<sup>13</sup> en het laadvermogen (zie ook tabel 1).

$$\text{Emissie per tonkm} = (\text{emissie per voertuigkilometer}) / (\text{benuttingsgraad} \times \text{laadvermogen})$$

<sup>13</sup> De benuttingsgraad is het product van de beladingsgraad naar massa en de beladingsgraad naar afstand.





### **Mogelijke aanvulling op tabel 1**

De volgende aanvullingen kunnen worden gemaakt:

- voor de vrachtwagens kunnen ook de jaren 2005 en 2015 worden toegevoegd;
- de gegevens voor de vrachtwagens kunnen eventueel worden gedifferentieerd naar stad, snelweg en overige wegen;
- voor bestelwagens kunnen ook emissies van SO<sub>2</sub>, VOS, en CO worden toegevoegd;
- gegevens voor beladingsgraad bestelwagens (ontbreken nog, worden aangevuld).

### **A.3 Nieuwe technologie**

Hieronder wordt verstaan:

- brandstofcel;
- hybride;
- elektrische voertuigen;
- alternatieve brandstof.

*Op de kenmerken van deze technieken wordt hier niet verder ingegaan.*

De gegevens zijn afkomstig uit [3], en hebben alleen betrekking op het energiegebruik per tonkm. Emissies moeten nog worden aangevuld. Zij kunnen worden afgeleid uit het onderliggende materiaal van [3]. De zichtjaren betreffen 2005, 2020 en 2050.

Onderscheiden worden de volgende voertuigcategorieën:

- bestelauto's;
- vrachtwagens (alle categorieën incl. trekkers).

Tabel 14 Energiegebruik per tonkm nieuwe aandrijftechnologieën in twee scenario's (bron: |3|)

MJ/tonkm	1996	2005	2020	2050
<b>Scenario: onbegrensde groei</b>				
<i>Bestelauto</i>				
ICE diesel	5,61	5,27	4,7	4,62
ICEgas	5,61	5,27	4,7	4,62
<i>Vrachtauto</i>				
ICE diesel	1,58	1,35	0,97	0,93
ICE gas	1,58	1,35	0,97	0,93
<b>Scenario: duurzame groei</b>				
<i>Bestelauto</i>				
ICE diesel	5,61	5,06	4,14	3,70
ICE bio	5,61	5,06	4,14	3,70
HEV (b/d/gas)	5,88	5,30	4,35	3,82
FCEV (b/d/bio)	11,40	9,01	5,03	4,45
FCEV(waterstof)	5,13	4,53	3,52	3,18
EV	3,53	2,96	2,00	1,79
<i>Vrachtauto</i>				
ICE diesel	1,58	1,30	0,83	0,62
ICE bio	1,58	1,30	0,83	0,62
FCEV diesel /bio	2,14	1,69	0,94	0,69
FCEV waterstof	0,96	0,85	0,65	0,49

**Toelichting** Tabel 14

Aandrijftechnologie en brandstof zijn afhankelijk van het scenario. De volgende aandrijftechniek en brandstoffen worden onderscheiden:

ICE	Verbrandingsmotor op diesel of aardgas of biobrandstof
HEV	serie-hybride op benzine (b), diesel (d) of biobrandstof (bio)
FCEV	Brandstofcel met reformer op benzine (b), diesel (d) of zonder reformer op waterstof
EV	Batterij elektrisch voertuig

Het energiegebruik in tabel 2 is excl. het energiegebruik bij elektriciteitsopwekking, brandstofproductie of distributie van de energie(dragers).

**A.4 Bronnen**

- 1 Hoe schoon is het Nederlandse vrachtwagenpark? Goudappel Coffeng en Centrum voor energiebesparing en schone technologie. Deventer/Delft, december 1997
- 2 Verkeer en vervoer in de nationale milieuverkenning RIVM, K.T. Geurs et al. Bilthoven, maart 1998



3 Wegwijzers naar 2050  
Verkeer en vervoer in de 21<sup>e</sup> eeuw  
Deelstudie nieuwe aandrijfconcepten, TNO-WT  
Delft, december 1997



## B Berekening indirect energiegebruik OLS

Onderstaand overzicht geeft een stap-voor-stap-berekening (spreadsheet) van het indicatieve indirecte energiegebruik van een systeem waarbij stukgoederen geheel ondergronds van de regio van herkomst naar de regio van bestemming worden gebracht, TNO Inro becijfert de prestatie van een dergelijk systeem op ca 50 mln ton per jaar (6 Gtonkm per jaar).

Investeringskosten per onderdeel			Verv.inter val jr	Onder- houd %/jr van inve- ste- ring
	dfi	per		
Buisleidingen binnen bebouwde kom	2,0E+07 km		50	2
Buisleidingen buiten bebouwde kom	1,6E+07 km		50	2
Wijkdistributiecentra, klein	6,0E+06 stuk		50	2
Wijkdistributiecentra, groot	1,2E+07 stuk		50	2
Wijkdistributiecentra, gemiddeld	9,0E+06 stuk		50	2
Logistieke parken	9,0E+07 stuk		50	2
Transportvoertuigen	1,5E+04 stuk		20	3

### Hoeveelheden

variant -> Landelijk netwerk

Buisleidingen binnen bebouwde kom	2982 km
Buisleidingen buiten bebouwde kom	6800 km
Wijkdistributiecentra, klein	stuks
Wijkdistributiecentra, groot	stuks
Wijkdistributiecentra, klein en groot	1411 stuks
Logistieke parken	24 stuks
Transportvoertuigen	894103 stuks

### Totale investeringskosten

### Totale kosten (inv. en totaal onder- houd)

	variant -> Landelijk netwerk	Landelijk netwerk
Buisleidingen binnen bebouwde kom	6,1E+10	1,2E+11
Buisleidingen buiten bebouwde kom	1,1E+11	2,2E+11
Wijkdistributiecentra, klein	0,0E+00	0,0E+00
Wijkdistributiecentra, groot	0,0E+00	0,0E+00
Wijkdistributiecentra, gemiddeld	1,3E+10	2,5E+10
Logistieke parken	2,2E+09	4,3E+09
Transportvoertuigen	1,3E+10	2,1E+10
<b>TOTAAL</b>	<b>2,0E+11</b>	<b>4,0E+11</b>

<b>Energie-intensiteiten</b>	door sector : (zie Bos)	MJ/fl.
Buisleidingen binnen bebouwde kom	40	4,41
Buisleidingen buiten bebouwde kom	40	4,41
Wijkdistributiecentra, klein	40	4,41
Wijkdistributiecentra, groot	40	4,41
Wijkdistributiecentra, gemiddeld	40	4,41
Logistieke parken	40	4,41
Transportvoertuigen	35	4,00

**Energie-inhoud infrastructuur en voertuigen per jaar van levens-  
duur (MJ/jr)**

variant -> Landelijk netwerk

Buisleidingen binnen bebouwde kom	1,1E+10
Buisleidingen buiten bebouwde kom	2,0E+10
Wijkdistributiecentra, klein	0,0E+00
Wijkdistributiecentra, groot	0,0E+00
Wijkdistributiecentra, gemiddeld	2,2E+09
Logistieke parken	3,8E+08
Transportvoertuigen	<u>4,3E+09</u>
TOTAAL	3,7E+10

**Vervoersprestatie ondergronds (tonkm)**

variant -> Landelijk netwerk

OLS	7,1E+09 tonkm
-----	---------------

**Indirect energieverbruik OLS (MJ/tonkm)**

variant -> Landelijk netwerk

Buisleidingen binnen bebouwde kom	1,5 MJ/tonkm
Buisleidingen buiten bebouwde kom	2,8 MJ/tonkm
Wijkdistributiecentra, klein	0,0 MJ/tonkm
Wijkdistributiecentra, groot	0,0 MJ/tonkm
Wijkdistributiecentra, gemiddeld	0,3 MJ/tonkm
Logistieke parken	0,1 MJ/tonkm
Transportvoertuigen	<u>0,6 MJ/tonkm</u>
TOTAAL	5,3 MJ/tonkm

