TNO-rapport
98-BKR-R00479

Ondergronds Transport in Buizen, een integrale afweging

TNO Bouw

Datum
dinsdag 20 april 1998

Auteur(s)
Ing. A.Th. Dullemond
Ing. K.H. Dekker

Alle rechten voorbehouden.
Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.
Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

TNO Bouw verricht onderzoek en geeft advies over bouwvraagstukken, voornamelijk in opdracht van onder meer de overheid, grote en kleine ondernemingen in de bouw, toeleveringsbedrijven en branche-instellingen.

Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek TNO
Op opdrachten aan TNO zijn van toepassing de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO, zoals gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank en de Kamer van Koophandel te 's Gravenhage.

Inhoudsopgave

1.	Inleiding	12
1.1	Aanleiding	12
1.2	Doel van het onderzoek	12
1.3	Methode	13
1.4	Opzet onderzoek	13
1.4.1	Vervoersprognoses	13
1.4.2	Ruimtelijke concepten	14
1.4.3	Maatschappelijke effecten	14
1.5	Gehanteerde instrumenten	15
1.5.1	Algemeen	15
1.5.2	Opzet en aannamen bij het rekenmodel	15
1.5.3	Werkwijze en ontwikkelde instrumenten	17
2.	Uitgangspunten	18
2.1	Beschouwde effecten	18
2.1.1	Investeringen	18
2.2	Exploitatie	19
2.3	Verkeer- en algemene veiligheid	20
2.4	Verkeersintensiteit en congestieproblematiek	20
2.5	Emissies	21
2.6	Ruimtebeslag	22
2.7	Visuele- en geluidshinder	22
3.	Onderzochte varianten	23
3.1	Algemeen	23
3.2	Huidige situatie, in 1995	23
3.3	Nul-variant, de verwachte situatie in 2020	23
3.4	De Nul+ -variant	24
3.5	Niet-traditioneel buisleidingentransport (OTB)	25
3.5.1	Solitaire stad	25
3.5.2	Randstad	26
3.5.3	Randstad++	26
3.5.4	Nationaal Netwerk, 14 knooppunten	27
3.5.5	Nationaal Netwerk, 14 knooppunten, maximale vervoersprestatie	27
4.	Resultaten	28
4.1	Algemeen	28
4.2	Nul+-variant	28
4.3	Niet-traditioneel buisleidingtransport	29
4.3.1	Solitaire stad	29
4.3.2	Randstad	30
4.3.3	Randstad++	31
4.3.4	Nationaal Netwerk, 14 knooppunten	32
4.3.5	Nationaal Netwerk, 14 knooppunten, maximaal vervoersprestatie	33
5.	Conclusies	34
5.1	Algemeen	34
5.2	Nul+-variant	34
5.3	Niet-traditioneel buisleidingtransport (OTB)	34
5.3.1	Solitaire stad	34
5.3.2	Randstadnet	35
5.3.3	Randstadnet++	35
5.3.4	Nationale Netwerk, 14 knooppunten	35

5.3.5	Nationale Netwerk, 14 knooppunten, maximale vervoersprestatie	35
5.4	Combinatie van Nul+-variant en ondergronds transport	35
5.5	Gevoeligheid modellen voor parameters en aannamen	36
6.	Aanbevelingen	37
7.	Literatuurlijst	38
I.	Bijlage: totaaloverzicht	39
II.	Bijlage: gehanteerde instrumenten en modellen	40
III.	Bijlage, toelichting op resulaten, weergegeven in de volgende bijlagen	45
IV.	Bijlage, Solitaire stad	47
V.	Bijlage, Randstadnet	48
VI.	Bijlage,Randstadnet++	49
VII.	Bijlage, Nationaal Netwerk, 14 knooppunten	50
VIII.	Bijlage, Nationaal Netwerk, 14 knooppunten, maximale vervoersprestatie	51
IX.	Bijlage, verkort overzicht resultaten	52
X.	Bijlage, resultaten uitgebreid	53

Voorwoord

Aan de tweede kamer is een notitie toegezegd met de hoofdlijnen van het beleid ten aanzien van Ondergrondse Transport en Buisleidingen. Deze notitie zal als een beleidsbrief begin 1998 aan de kamer worden aangeboden. Het voor u liggende rapport is een verslaglegging van een onderzoek naar de afweging van een aantal vervoersconcepten om de groeiende vervoersvraag op te kunnen vangen. We hopen dat u het lezen van dit rapport net zo interessant vindt als de onderzoekers het onderzoek ervaren hebben.

Delft, Maart 1998

Ing. K.H. Dekker. Ing. A.T. Dullemond

Samenvatting

Algemeen

Aanleiding

Door de Ministeries van Verkeer en Waterstaat (V&W), Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu (VROM) en Economische Zaken (EZ) is medio 1997 een Interdepartementale Projectorganisatie Ondergronds Transport (IPOT) opgericht. De geïntegreerde doelstelling van deze projectorganisatie is als volgt beschreven.

Te onderzoeken of er mogelijkheden zijn tot en zo ja, aanbevelingen te doen over, een overheidsbeleid met betrekking tot ondergronds transport en buisleidingen met als richtjaar 2010 (t.z.t. te vervangen door SVV III richtjaar) waarbij:
- de economische structuur wordt versterkt;
- de efficiency en de effectiviteit van het vervoerssysteem worden verhoogd;
- de externe veiligheid en een efficiënt ruimtegebruik worden bevorderd.

Eén van de eerste opdrachten van deze projectorganisatie is de beantwoording van een motie van het Tweede Kamerlid Van Heemst bij de behandeling van het Meerjarenprogramma Infrastructuur en Transport 1997-2001. Daartoe zal begin 1998 een beleidsbrief opgesteld worden. In dat kader is ter voorbereiding van de beleidsbrief een aantal onderzoeken uitgevoerd, waaronder:

- NEA/DHV, 1998, referentiekader vervoer ondergronds transport, R 970234\12585, Rijswijk/Amersfoort, maart 1998
- TRAIL, 1998, Ruimtelijke concepten ondergronds transport, TRAIL Onderzoeksschool Delft, J.S.G.N Visser, A.J.M. Vermunt, A.J. van Binsbergen, maart 1998.

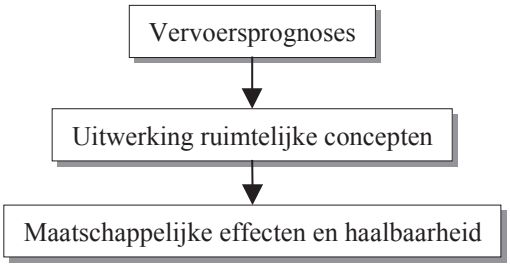
Het voorliggende rapport bevat de aanpak en de resultaten van een oriënterende maatschappelijke vergelijking van een aantal varianten voor ondergronds transport in buizen (OTB). Het gaat daarbij om zowel financieel-economische haalbaarheid van een ondergronds goederen transportsysteem als ook om de effecten voor een aantal milieuaspecten.

Doel van het onderzoek

Het snel inzichtelijk maken van kwantitatieve en kwalitatieve effecten die een rol spelen bij de integrale vergelijking van een aantal varianten van een ondergronds transportsysteem voor goederenvervoer versus de traditionele wijze van vervoer. Het betreft een globale en oriënterende analyse.

Methode

Om een uitspraak te kunnen doen over de wenselijkheid van een ondergronds transportsysteem voor goederenvervoer is een case studie verricht. De case studie bestaat uit een vergelijking van de gesimuleerde effecten van een referentieconcept en verschillende ruimtelijke concepten. In de onderstaande figuur is de opbouw van de studie weergegeven.



opzet onderzoek

Vervoersprognoses
De vervoersprognoses zijn gebaseerd op de groeiscenario's van het CPB. In dit geval is gerekend met het European Coördination scenario.

		1995	1995-2000	2000-2005	2005-2010	2010-2015	2015-2020	2020
Personenauto's	mrd vtgkm	86,5	89,7	96,7	104,1	112,2	120,9	125,4
Vrachtverkeer totaal	mrd vtgkm	15,3	16,4	18,8	21,6	25,1	29,0	31,3
Vrachtverkeer interlokaal	mrd tonkm	24,4	26,1	30,0	34,4	39,9	46,2	49,8
Vrachtverkeer lokaal	mrd tonkm	2,7	2,9	3,3	3,8	4,4	5,1	5,5

Daarnaast wordt verondersteld dat het wegennet zodanig uitgebreid is dat de groei van het verkeer hiermee opgevangen kan worden op een wijze die vergelijkbaar is met de situatie in 1995.

Ruimtelijke concepten
Om een uitspraak te doen over de financieel-economische en andere maatschappelijke effecten van een ondergronds transportsysteem voor goederen is een studie verricht waarin verschillende cases onderzocht zijn.

- *Beleid Verkeer en Waterstaat (Nul^{+} -variant)*: het beleid van Verkeer & Waterstaat gericht op de spreiding van woon- werkverkeer door een andere werkweek indeling, toepassing van elektronische geleiding op een deel van de snelwegen en het instellen van rekeningrijden rond een aantal steden in de randstad.
- *Een solitaire stad*: buisleidingen transport voor stukgoederen in een van de steden in de Randstad
- *Randstad*$^{++}$: buisleidingen transport voor stukgoederen binnen en tussen de vier grote steden in de Randstad en van en naar produktie- en distributiecentra
- *Nationaal Netwerk (14 knopen)*: buisleiding transport voor stukgoederen binnen en tussen een nationaal netwerk met 14 stedelijke knooppunten en van en naar produktie- en distributiecentra aansluitend op het internationaal vervoer.
- *Nationaal Netwerk* $^{++}$: een meer uitgebreid netwerk voor de stedelijke knooppunten, waarbij de maximale potentie voor ondergronds stukgoederenvervoer is meegenomen.

Maatschappelijke effecten
Op basis van eerder ontwikkelde integrale afwegingsmodellen, in opdracht van het Centrum Ondergronds Bouwen, is een afwegingsmodel ontwikkeld welke de effecten van ondergronds goederen transport vergelijkt met bovengronds transport.
Met behulp van dit analysemodel is een globale schatting gemaakt van de onderstaande maatschappelijke effecten van de onderzochte maatregelen:

- *Investeringen;*
  - ondergronds: lokale en interlokale buizen, terminals en voertuigen;
  - bovengronds: lokale en interlokale wegen en vrachtauto's.
- *Exploitatiekosten.*
  De volgenden kostensoorten zijn onderzocht:

Exploitatie ondergronds	**Exploitatie wegtransport**
Onderhoud buizen	Onderhoud nieuwe wegen interlokaal
Onderhoud bouwkundig	Onderhoud nieuwe wegen lokaal
Onderhoud voertuigen	
Energieverbruik	Energieverbruik
Personeelslasten	Personele lasten
Overhead	Overige kosten wegtransport (incl. kapitaalslasten vrachtwagens)
Kapitaalslasten bouwkundig	
Kapitaalslasten civieltechnisch	Kapitaalslasten wegen, lokaal
Kapitaalslasten voertuigen	Kapitaalslasten wegen, interlokaal

- *Verkeersintensiteit en congestieproblematiek:*
  - bovengronds vrachtverkeer;
  - aandeel vrachtwagens op wegen;
  - congestie snelwegen en verhoogde prijs per tonkm;
  - congestie bebouwde kom.

- *De verkeersveiligheid:*
  - verkeersongevallen als gevolg van vrachtverkeer.

- *Emissies:*
  - CO2;
  - NOx;
  - VOS (Vluchtige Organische Stoffen);
  - Fijn stof.

- *Ruimtegebruik:*
  - ruimtebeslag als gevolg van het bouwen van wegen.

- *Geluidshinder en visuele hinder:*
  - geluidshinder;
  - visuele hinder.

Uitgangspunten

Ondergronds transport in buizen
De OTB-netwerken kenmerken zich door een samenstelsel van buizen aangesloten op terminals en logistieke parken waarin zelfstandig aangedreven voertuigen rijden. De WDW's[1] bevinden zich op bedrijfsterreinen en bij winkelcentra. De logistieke stadsparken (LSP's)[2] zijn in principe geschikt voor multimodaliteit. In de LSP's vindt concentratie van logistieke activiteiten plaats welke al dan niet een relatie hebben met ondergrondse transportsystemen. De volgende uitgangspunten zijn gehanteerd:

- de terminals (de WDW's en LSP's) bevinden zich grotendeels ondergronds;
- de buizen hebben een diameter van 2,2 meter;

[1] Wijkdistributiewinkels
[2] Logistieke stadsparken

- Per voertuig wordt één pallet vervoerd (van max. 1 m^3 en/of 280 kg vracht);
- bij de bepaling van de investeringen voor ondergronds buizentransport is zoveel mogelijk aangesloten bij de gegevens uit de voorstudie van TRAIL. Bovendien zijn gegevens geraadpleegd van CTT en DTO[3];
- er kunnen zich geen ernstige persoonlijke ongelukken voordoen (de voertuigen zijn onbemand);
- de OTB-voertuigen zullen beschikken over accu-aangedreven elektromotoren;
- de emissies zijn berekend door het totale jaarlijkse electriciteitsgebruik te bepalen, waarna aan de hand van emissiegegevens die gelden voor elektriciteitsgebruik[4] een berekening van de totale uitstoot mogelijk is.
- bij de berekeningen van de emissies van OTB-voertuigen is uitgegaan van de huidige opwekking van electriciteit.

Wegennet
Door uit te gaan van de potentiële vervoersprestatie van het ondergrondse netwerk wordt met behulp van een theoretische benadering bepaald welke besparing dit oplevert aan bovengrondse infrastructuur (zowel wegen als ook vrachtwagens). De investeringen en exploitatie-uitgaven die als gevolg van het ondergrondse netwerk NIET gedaan hoeven te worden zijn vervolgens vergeleken met het ondergrondse systeem. Daarnaast zijn verschillende maatschappelijke- en milieu-effecten bepaald en vergeleken. Dit betreft hindereffecten, ruimtebeslag, emissies en verkeersveiligheid. Het resultaat van deze exercitie is een integrale vergelijking van verschillende ruimtelijke concepten.

De volgende uitgangspunten zijn gehanteerd:
- de omvang van de noodzakelijke investeringen (benodigde budget) in wegen die noodzakelijk zijn voor de opvang van de groei van het verkeer zijn gebaseerd op eerdere studies van het Centrum voor Ondergronds Bouwen (COB 1997);
- bij de bepaling van de investeringen in wegen is rekening gehouden met de benodigde kruisingen, kunstwerken, grondaankopen etc. De gehanteerde gegevens zijn ontleend aan het COB en RWS;
- voor het berekenen van congestiekosten is rekening gehouden met de algemene fileproblemen voor alle verkeer alsmede de kostenverhogingen van het vrachtverkeer;
- voor het goederenverkeer wordt uitgegaan van voertuigen die aangedreven worden door dieselmotoren;
- uitgegaan is van emissiecijfers van het CBS voor vrachtverkeer in Nederland;
- bij de berekeningen van de emissies van vrachtverkeer is de huidige situatie als uitgangspunt gekozen.

[3] Bij de bepaling van de investeringen in wegen is gebruik gemaakt van de volgende bronnen:
- DTO (1996), 'Buisleidingen voor geoderentransport, Delft: Duurzame Technologische Ontwikkeling
- CTT(1997), 'Technologie Ondergronds Transportsysteem', Rotterdam/Delft: Centrum Transport Technologie

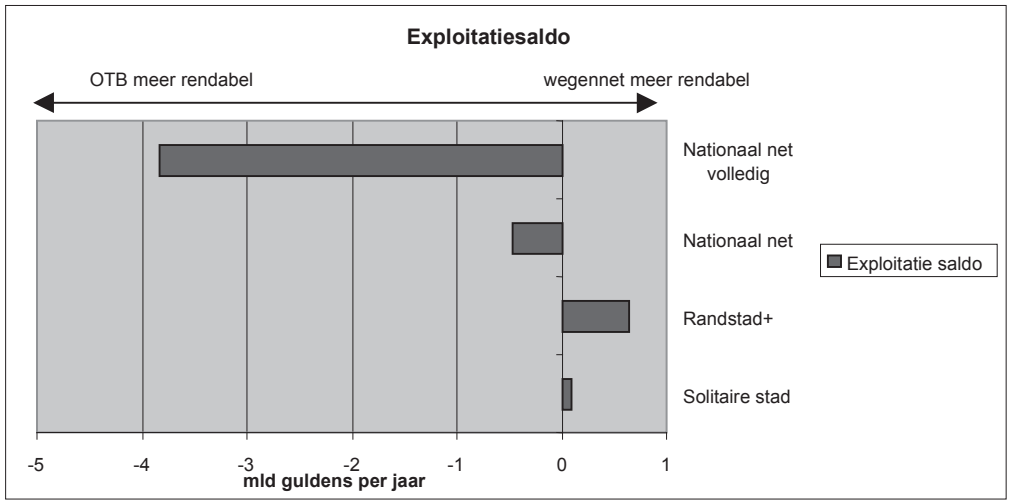
[4] De emissies van electriciteitsopwekking zijn ontleend aan: TU Delft, 1990, Goederenvervoer en leefmilieu, Delft

Resultaten

In de onderstaande tabel zijn de resultaten gegeven.

Omschrijving	Referentie 2020	Dimensie	V&W beleid	Een stad	Randstad	Nederland 14 knopen	Nederland 14 knopen uitgebreid
Vervoersprestaties							
Goederentransport per OLS	0	miljard tonkm	0,0	0,03	0,65	6,67	21,0
Goederentransport per wegvervoer	55,3	miljard tonkm	55,3	-0,03	-0,65	-6,67	-18,2
Aandeel vrachtverkeer op wegen	23,0%	percentage	23,0%	23,0%	23,0%	21,0%	14,0%
Buisleidinginfrastructuur							
Buisleidingen binnen bebouwde kom	0	km	n.v.t.	123	735	1.885	2.982
Buisleidingen buiten bebouwde kom	0	km	n.v.t.	0	320	2.144	6.800
Wijkdistributiecentra	0	aantal	n.v.t.	77	592	1.411	1.411
Logistieke Parken	0	aantal	n.v.t.	3	11	24	24
Transportvoertuigen	0	aantal	n.v.t.	9.640	69.384	341.485	894.103
Investerings- en exploitatiekosten							
Investeringskosten OLS	0,0	miljard gulden	n.v.t.	1,9	14,9	55,5	120,7
Investeringskosten wegvervoer	83,9	miljard gulden	1,8	-0,1	-1,6	-15,5	-30,6
Saldo investeringen	83,9	miljard gulden	1,8	1,8	13,3	40,0	90,2
Exploitatiekosten OLS	0,0	miljard gulden p.jr.	n.v.t.	0,2	1,3	4,5	9,3
Exploitatiekosten wegvervoer	42,2	miljard gulden p.jr.	0,09	-0,1	-0,7	-5,0	-13,2
Saldo exploitatiekosten	42,2	miljard gulden p.jr.	0,09	0,14	0,64	-0,47	-3,83
Vermindering congestiekosten	2.290	miljoen gulden	-1.336	-6	-87	-339	-752
Vermindering uitstoot							
- CO2	18,6	miljoen ton	n.b.*	-0,002	-0,2	-1,8	-5,7
- NOx	202,0	miljoen kg	n.b.*	-0,10	-2,4	-24,4	-76,8
- Fijn stof	14,1	miljoen kg	n.b.*	-0,01	-0,2	-1,7	-5,4
- VOS	49,8	miljoen kg	n.b.*	-0,03	-0,6	-6,0	-18,9
Besparing ruimtegebruik voor wegen	pm	hectare	n.v.t.	pm	-60	-600	-1640
Veiligheid (alleen ernstige ongevallen)							
- vermindering gewonden t.o.v. referentie (1995)	3.487	percentage	n.b.*	-0,1%	-1,2%	-12,1%	-38,0%
- vermindering doden t.o.v. referentie (1995)	727	percentage	n.b.*	-0,1%	-1,2%	-12,1%	-38,0%
Vermindering hinder							
- sterke geluidshinder (>55dBa)	0	aantal woningen	n.v.t.	-1.000	-5.300	-27.000	-59.000
- lichte geluidshinder (<55dBa)	0	aantal woningen	n.v.t.	-4.000	-24.300	-140.000	-321.000
- visueel	0	aantal woningen	n.v.t.	-1.000	-2.600	-13.700	-30.000
n.b.* Niet berekend; vervoersprestatie blijft gelijk; door minder congestie zullen deze effecten gunstiger uitvallen.							

In de onderstaande staafgrafiek zijn de exploitatiesaldo's weergegeven van de verschillende concepten. Het uitgebreide landelijk netwerk met 14 knooppunten levert jaarlijks de grootste besparing op.



Verschil tussen de totale exploitatiekosten van de ondergrondse versus de bovengrondse oplossing

Conclusies

Algemene conclusie
De resultaten van het onderzoek zijn gebaseerd op een globale, oriënterende analyse. De resultaten bij de variant met een landelijk netwerk van 14 knooppunten rechtvaardigen echter de algemene conclusie dat nader onderzoek en praktijkprojecten mogelijk en gewenst zijn om de toekomstige vervoersproblematiek te helpen oplossen.

Aanvullend beleid (Nul$^+$-variant)
Eerst is het effect berekend van het beleid dat gericht is op maatregelen ter bestrijding van de congestie en files zoals:
- betere spreiding verkeer;
- elektronische geleiding van voertuigen;
- rekeningrijden.

Het effect van de bovengenoemde maatregelen is een sterk verminderde congestie op vooral het interlokale hoofdwegennet. Hieronder worden de te nemen maatregelen toegelicht.
- Betere spreiding van verkeer heeft zowel interlokaal als ook lokaal een positief effect op de congestieproblematiek.
- Elektronische geleiding van voertuigen zal de congestie op interlokale wegen zeer sterk doen afnemen. Wanneer deze capaciteitsverbetering een toename van het aantal weggebruikers tot gevolg heeft, zullen er op de verkeersknooppunten rond steden extra problemen ontstaan. De bereikbaarheid van de binnensteden verergert hierdoor nog meer.
- Rekeningrijden geeft een positief exploitatieresultaat wat te verklaren is uit de extra opbrengsten.

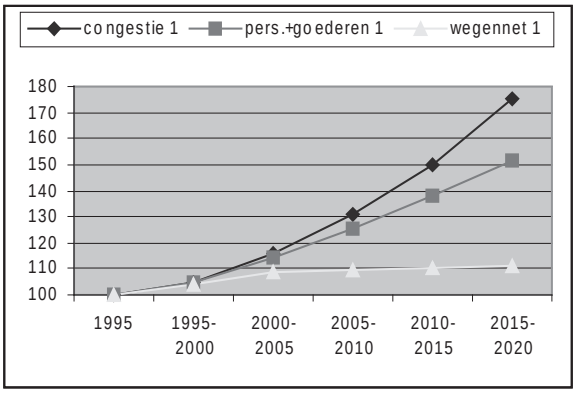
Minder files leiden tot minder energieverbruik en milieuvervuiling. De kwantificering hiervan is niet uitgevoerd

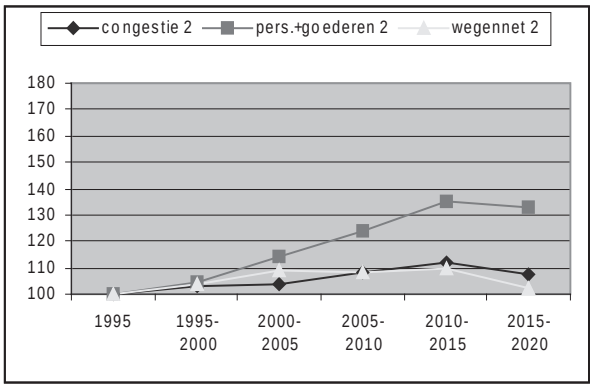
Niet-traditioneel buisleidingtransport
In de analyse is ervan uitgegaan dat het gehele netwerk door middel van boortechnieken aangelegd wordt. In de werkelijkheid zal dit niet in alle gevallen nodig zijn en zouden er zelfs bepaalde gedeeltes bovengronds aangelegd kunnen worden. Dit zou een sterke reductie van de aanlegkosten tot gevolg kunnen hebben.
De exploitatiekosten voor een netwerk in een enkele stad zijn hoog ten opzichte van de besparing op deze kosten voor het wegvervoer. Net als bij de enkele stad is de vervoersprestatie bij het Randstadnet te beperkt om te komen tot een positief resultaat. De vervoersprestatie levert nog geen substantiële verschuiving op van wegtransport naar ondergronds transport. Dit omdat de aansluiting naar de goederenstromen van en naar de randstad niet optimaal is. Teveel transporten gaan dan nog buiten de buis om.
Uit het onderzoekt blijkt dat schaalgrootte zeer belangrijk is voor het bereiken van een positief exploitatiesaldo.
Het landelijke netwerk levert een gunstig exploitatiesaldo, namelijk van 0,47 miljard gulden per jaar. Het netwerk met de maximale vervoersprestatie levert een exploitatiesaldo op van 3,83 miljard per jaar.
De milieuvoordelen zijn bij het landelijk netwerk en het uitgebreide landelijke netwerk het grootst. De uitgebreide variant levert 5,7 miljoen ton CO2-reductie, 1640 hectare ruimtebesparing, 38% vermindering van ernstige ongevallen en 410000 minder (geluid en visuele) gehinderde woningen op.

Combinatie van Nul$^+$-variant en ondergronds transport
Een combinatie van additionele beleidsmaatregelen met de aanleg van een nationaal ondergronds goederentransportsysteem levert de grootste bijdrage aan het oplossen van de problemen. Congestie en files op de interlokale hoofdwegen kunnen vrijwel volledig worden

teruggedrongen. De bereikbaarheid van de binnensteden voor goederen kan worden gewaarborgd, ook als besloten wordt tot verkeersluwe of autovrije zones.

In de onderstaande grafiek staan twee prognoses weergegeven. De linker grafiek geeft de situatie weer wanneer er geen extra maatregelen genomen worden. De congestie stijgt, het bovengrondse personen- en goederenvervoer neemt steeds meer toe en er worden meer wegen aangelegd.
In de tweede grafiek staan dezelfde aspecten weergegeven maar dan in een situatie waarin het additionele beleid wordt uitgevoerd (verkeersgeleiding, rekeningrijden en spreiding van verkeer) plus in een aantal fasen een ondergrondsnetwerk (het Nationale Netwerk met 14





knooppunten). Wanneer deze maatregelen beide genomen worden zal omstreeks het jaar 2020, ondanks de groei, de congestie bijna volledig op het basisniveau teruggebracht zijn. Op de Y-as zijn de geïndexeerde cijfers ten opzichte van het basisjaar 1995 (=100) weergegeven.

Gevoeligheid van de modellen voor parameters en aannamen
De invloed van de parameters en aannamen op de resultaten is groot. De conclusie van de uitgevoerde gevoeligheidsanalyses is dat vooral een hogere efficiency bij de aanleg van de ondergrondse infrastructuur die het gevolg is van de schaalgrootte-effecten leidt tot aanzienlijke vermindering van de investeringen
Hiervoor zijn nadere studies naar de schaalgrootte-effecten onontbeerlijk.

Aanbevelingen

Aanbevolen wordt het nader onderzoek te richten op de volgende onderwerpen:

- het combineren van ondergronds transport van goederen met innovaties in de bestaande vervoersmodaliteiten via weg, spoor en water;
- het optimaliseren van een netwerk van OLS door deels ondergronds en deels bovengronds te bouwen;
- onderzoek naar innovatieve en energiezuinige voertuigtechnieken;
- onderzoek naar marktpotentieel en draagvlak;
- het verder ontwikkelen van het simulatiemodel;
- het ontwikkelen van een database met verkeers- en vervoersgegevens die via datasharing in toekomstige studies gebruikt kan worden.

Simulatiemodel vervoers- en verkeersstromen
Gebleken is dat een interactief simulatiemodel voor alle verkeers- en vervoersbewegingen, waarin verschillende varianten integraal kunnen worden afgewogen, van groot belang is. In het kader van dit korte onderzoek is met een vereenvoudigde versie volstaan, gebaseerd op eerder ontwikkelde modellen in de studies van SOVI, COB en LWI. Het verdient aanbeveling in samenwerking met verkeersdeskundigen tot een robuust en integraal model te komen (o.a. model SMILE van TNO INRO).

1. Inleiding

1.1 Aanleiding

Door de Ministeries van Verkeer en Waterstaat (V&W), Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu (VROM) en Economische Zaken (EZ) is medio 1997 een Interdepartementale Projectorganisatie Ondergronds Transport (IPOT) opgericht. De geïntegreerde doelstelling van deze projectorganisatie is als volgt beschreven.

Te onderzoeken of er mogelijkheden zijn tot en zo ja, aanbevelingen te doen over, een overheidsbeleid met betrekking tot ondergronds transport en buisleidingen met als richtjaar 2010 (t.z.t. te vervangen door SVV III richtjaar) waarbij:
- de economische structuur wordt versterkt;
- de efficiency en de effectiviteit van het vervoerssysteem worden verhoogd;
- de externe veiligheid en een efficiënt ruimtegebruik worden bevorderd.

Eén van de eerste opdrachten van deze projectorganisatie is de beantwoording van een motie van het Tweede Kamerlid Van Heemst bij de behandeling van het Meerjarenprogramma Infrastructuur en Transport 1997-2001. Daartoe zal begin 1998 een beleidsbrief opgesteld worden. In dat kader is ter voorbereiding van de beleidsbrief een aantal onderzoeken uitgevoerd, waaronder:

- NEA/DHV, 1998, referentiekader vervoer ondergronds transport, R 970234\12585, Rijswijk/Amersfoort, maart 1998
- TRAIL, 1998, Ruimtelijke concepten ondergronds transport, TRAIL Onderzoeksschool Delft, J.S.G.N Visser, A.J.M. Vermunt, A.J. van Binsbergen, maart 1998.

Het voorliggende rapport bevat de aanpak en de resultaten van een oriënterende maatschappelijke vergelijking van een aantal varianten voor ondergronds transport in buizen (OTB). Het gaat daarbij om zowel financieel-economische haalbaarheid van een ondergronds goederentransportsysteem als ook om de effecten voor een aantal milieuaspecten.

1.2 Doel van het onderzoek

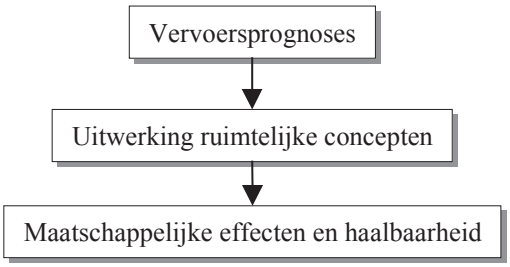
Het snel inzichtelijk maken van kwantitatieve en kwalitatieve effecten die een rol spelen bij de integrale vergelijking van een aantal varianten van een ondergronds transportsysteem voor goederenvervoer versus de traditionele wijze van vervoer. Het betreft een globale en oriënterende analyse.

1.3 Methode

Aan het hier gerapporteerde gedeelte van het onderzoek is een uitgebreid vooronderzoek voorafgegaan. Op basis van eerdere vervoers-, markt en technische-onderzoekingen door NEA/DHV , Buck/DHV en CTT/COB zijn door TRAIL ruimtelijke concepten uitgewerkt. De ruimtelijke schetsen zijn uitgewerkt op basis van informatie omtrent locaties van winkelcentra, bedrijventerreinen en multimodale knooppunten[5]. Deze schetsen zijn vervolgens gebruikt als basis voor het vaststellen van netwerklengte en aantallen terminals. Door TRAIL[6] is een viertal concepten uitgewerkt. Deze zijn vervolgens gedimensioneerd voor de situatie in 2020 en voor 2020 met maximale vervoersprestatie.
Met behulp van de voor dit onderzoek ontwikkelde instrumenten zijn daarna de analyses verricht. Om de consistentie tussen de verschillende berekeningen (welke deels met verschillende instrumenten zijn gemaakt) te bewaken is een matchingsfase[7] doorlopen. In hoofdstuk 1.4 wordt de methode verder toegelicht.

1.4 Opzet onderzoek

Het onderzoek bestaat uit drie fasen. In de eerste de fase is een analyse gedaan van de verkeer- en vervoerscijfers op basis van lange-termijnverkenningen van het Centraal Planbureau. De verschillende ruimtelijke concepten zijn vervolgens geanalyseerd op de maatschappelijke effecten. Deze gegevens zijn gebruikt om vervolgens een uitspraak te kunnen doen over de financieel-economische haalbaarheid van een ondergronds goederentransportsysteem.



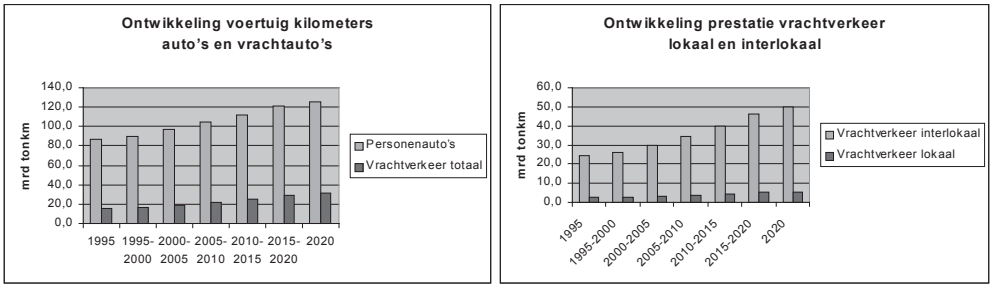
Figuur 1, onderzoeksopzet

In hoofdstuk 1.5 worden de ontwikkelde simulatiemodellen toegelicht.

1.4.1 Vervoersprognoses

De vervoersprognoses zijn gebaseerd op de groeiscenario's van het CPB. In dit geval is gerekend met het European Coördination scenario.

[5] Multimodale knooppunten zijn knooppunten van verschillende vervoerssystemen zoals knooppunten van wegen en spoorwegen.
[6] Uitwerking ruimtelijke concepten, Trail (TU Delft), 1998, Delft
[7] In de matchingsfase zijn de uitkomsten van de twee verschillende benaderingsmethode op elkaar afgestemd met als doel de uitkomsten overeen te laten komen.



Figuur 2, grafische weergave groeiprognoses

Daarnaast wordt verondersteld dat het wegennet zodanig uitgebreid is dat de groei van het verkeer hiermee opgevangen kan worden op een wijze die vergelijkbaar is met de situatie in 1995.

1.4.2 Ruimtelijke concepten

Om een uitspraak te doen over de financieel-economische en andere maatschappelijke effecten van een ondergronds transportsysteem voor goederen is een studie verricht waarin verschillende cases onderzocht zijn.

- *Beleid Verkeer en Waterstaat (Nul^{+} -variant)*: het beleid van Verkeer & Waterstaat gericht op de spreiding van woon- werkverkeer door een andere werkweek indeling, toepassing van elektronische geleiding op een deel van de snelwegen en het instellen van rekeningrijden rond een aantal steden in de randstad.
- *Een solitaire stad*: buisleidingtransport voor stukgoederen in een van de steden in de Randstad
- *Randstad^{++}*: buisleidingtransport voor stukgoederen binnen en tussen de vier grote steden in de Randstad en van en naar produktie- en distributiecentra
- *Nationaal Netwerk (14 knopen)*: buisleidingtransport voor stukgoederen binnen en tussen een nationaal netwerk met 14 stedelijke knooppunten en van en naar produktie- en distributiecentra aansluitend op het internationaal vervoer.
- *Nationaal Netwerk $^{++}$* : een meer uitgebreid netwerk voor de stedelijke knooppunten, waarbij de maximale potentie voor ondergronds stukgoederenvervoer is meegenomen.

1.4.3 Maatschappelijke effecten en haalbaarheid

Op basis van eerder ontwikkelde integrale afwegingsmodellen, in opdracht van het Centrum Ondergronds Bouwen, is een afwegingsmodel ontwikkeld welke de effecten van ondergronds goederentransport vergelijkt met bovengronds transport.
Met behulp van dit analysemodel is een globale schatting gemaakt van de onderstaande maatschappelijke effecten van de onderzochte maatregelen:

- *Investeringen;*
- *Exploitatiekosten.*
- *Verkeersintensiteit en congestieproblematiek*
- *De verkeersveiligheid*
- *Emissie*
- *Ruimtegebruik*
- *Geluidshinder en visuele hinder*

In het autonome scenario is aangenomen dat de vervoersstromen van het basisjaar 1995[8] zich ontwikkelen tot 2020 volgens het European Coördination scenario van het CPB. In het autonome scenario is het uitgangspunt dat de infrastructuur enkel bovengronds uitgebreid wordt.

1.5 Gehanteerde instrumenten

1.5.1 Algemeen

Zoals uit paragraaf 1.3 blijkt, is ten behoeve van de analyse gebruik gemaakt van een modelmatige aanpak. Hoewel er in het recente verleden een aantal afwegingsmodellen voor lijninfrastructuur is ontwikkeld blijkt hier een maatwerkoplossing toch de enige goede aanpak

Het instrument dat in het kader van deze studie is ontwikkeld voor integrale afweging bouwt wel voort op eerdere model-ontwikkelingsactiviteiten van de auteurs in het kader van de SOVI-studies en het COB-programma[9].

1.5.2 Opzet en aannamen bij het rekenmodel

Gebruikte scenario-parameters
De parameters voor de groei van het BNP en het goederenvervoer in deze studie zijn gebaseerd op het “European Coordination”-scenario uit de nieuwe lange-termijnverkenning van het Centraal Planbureau (CPB).[10]

[8] De vervoersstromen in 1995 en de daarbij behorende emissies en overige effecten in het basisjaar 1995 zijn gebaseerd op gegevens van het CBS.
[9] In het Kader van de Stuurgroep Ondergrondse Vervoers Infrastructuur is, door K.H. Dekker, een model voor de integrale afweging van ondergrondse en bovengrondse infrastructuur ontwikkeld. Dit model is in het kader van het Centrum Ondergronds Bouwen, door TNO verder ontwikkeld tot een quickscan rekenmodel voor de integrale afweging van ondergrondse en bovengrondse infrastructuur (SOVI 1992, COB 1997 N410).
[10] Omgevingsscenario’s Lange Termijn Verkenning 1995 - 2020’; werkdocument No 89; CPB; Den Haag; december 1996
‘Economie en fysieke omgeving: beleidsopgaven en oplossingsrichtingen 1995-2020’; SDU; Den Haag; juli 1997

	Gekozen scenario 2		1995-2000	2000-2005	2005-2010	2010-2015	2015-2020
	Perioden	Alg	1	2	3	4	5
1	Toename GNP		2.70%	2.70%	2.70%	2.70%	2.70%
2	groei bevolking		0.80%	0.80%	0.80%	0.50%	0.25%
3	groei auto-personenvervoer/jaar		1.50%	1.50%	1.50%	1.50%	1.50%
7	groei goederenvervoer/jaar in tonnage		2.68%	2.68%	2.68%	2.91%	2.91%
8	groei goederenvervoer/jaar in tkm		2.79%	2.79%	2.79%	2.99%	2.99%
9	groei goederenvervoer spoor		3.70%	3.70%	3.70%	3.70%	3.70%
10	reële energieprijsstijging per jaar		1.50%	1.50%	1.50%	1.50%	1.50%
11	Benzine per liter	1.92	1.50%	1.50%	1.50%	1.50%	1.50%
12	Diesel per liter	1.33	1.50%	1.50%	1.50%	1.50%	1.50%

Tabel 1 Scenario Europese Coördinatie

Gebruikte CBS gegevens
De gegevens met betrekking tot vervoerstromen, omzet van de vervoerssector, aandeel van de vervoerssector in het BNP, brandstofgebruik, ongevallen, etcetera die in dit onderzoek zijn gebruikt, zijn ontleend aan de uitgave van het CBS "Tijdreeksen voor verkeer en vervoer 1997".

Overige gegevens
- NEA/DHV, 1998, referentiekader vervoer ondergronds transport, R 970234\12585, Rijswijk/Amersfoort, maart 1998
- TRAIL, 1998, Ruimtelijke concepten ondergronds transport, TRAIL Onderzoeksschool Delft, J.S.G.N Visser, A.J.M. Vermunt, A.J. van Binsbergen, maart 1998
- CTT, 1998, Technologie Ondergronds Transportsystemen, Quick Scan verkenning ten behoeve van IPOT, J. Katgerman, J.C. Rijsenbrij, J.G.S.N. Visser, maart 1998
- CUR/COB, 1997, Rapport N 410-01 "Bovengronds of ondergronds? Een quickscan voor integraal afwegen. Deel 1: Eind Rapport", Gouda

Aannamen vervoersprestaties over de weg
De uitgangspunten voor de ontwikkeling van het binnenlandse goederentransport zijn afgeleid van de rapportage van NEA, "Referentiekader Vervoer Ondergronds Transport, (R970234\12585), NEA/DHV, maart 1998"
In onderstaande tabel is de vervoersprestatie aangegeven zoals berekend over de periode tot 2020. De gegevens over 1995 zijn gebaseerd op CBS-cijfers welke gecorrigeerd zijn met NEA/DHV-gegevens. De groeiprognoses zijn afkomstig van studies van NEA/DHV op basis van het middenscenario.

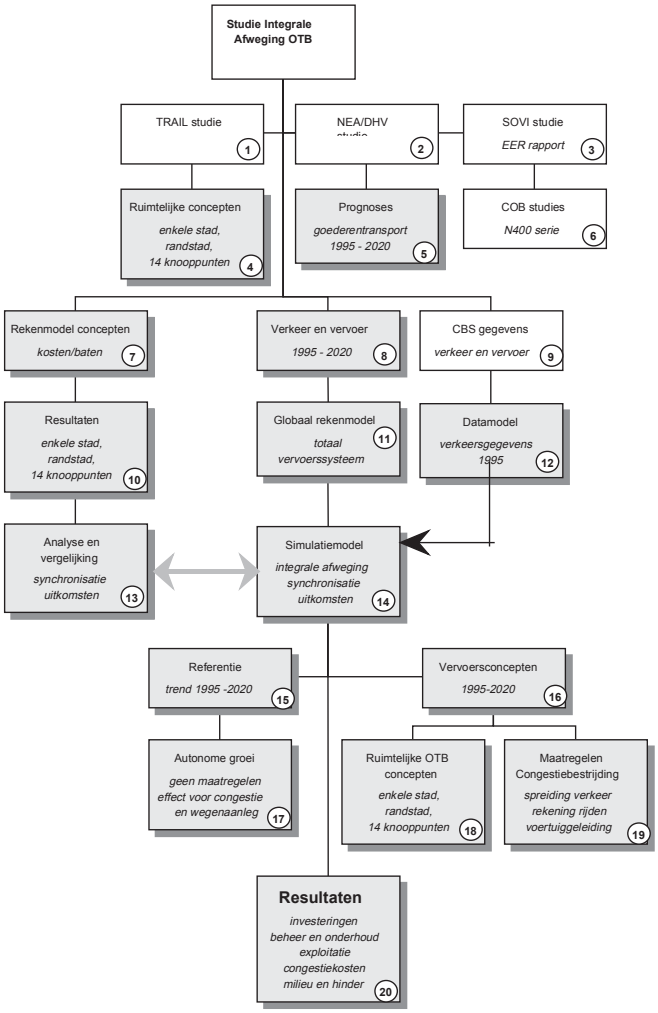
		1995	1995-2000	2000-2005	2005-2010	2010-2015	2015-2020	2020
Personenauto's	mrd vtgkm	86,5	89,7	96,7	104,1	112,2	120,9	125,4
Vrachtverkeer totaal	mrd vtgkm	15,3	16,4	18,8	21,6	25,1	29,0	31,3
Vrachtverkeer interlokaal	mrd tonkm	24,4	26,1	30,0	34,4	39,9	46,2	49,8
Vrachtverkeer lokaal	mrd tonkm	2,7	2,9	3,3	3,8	4,4	5,1	5,5

Tabel 2, vervoersprestatie tot 2020[11]

[11] Mld tkm is een eenheid die de vervoersprestatie aangeeft. (miljard tonklilometer)

1.5.3 Werkwijze en ontwikkelde instrumenten

In bijlage 2 zijn de werkwijze en de ontwikkelde instrumenten toegelicht aan de hand van onderstaande schematische weergave. De nummers in het schema verwijzen naar de toelichting die hiervoor in bijlage 2 is opgenomen.



Figuur 3, schematische weergave werkwijze en ontwikkeling instrumenten

2. Uitgangspunten

2.1 Beschouwde effecten

In het gebruikte simulatiemodel, welke in bijlage II aan bod komt, zijn de volgende effecten in beschouwing genomen:

- Financieel-economische effecten:
  - investeringen;
  - exploitatiekosten.
- Effecten voor de gebruikers
  - verkeersintensiteit en congestieproblematiek;
  - de verkeersveiligheid.
- Milieu- en leefbaarheidseffecten:
  - emissies;
  - ruimtegebruik;
  - geluidshinder en visuele hinder.

In de volgende subparagrafen worden de in de analyse in beschouwing genomen effecten en daarbij gehanteerde uitgangspunten nader toegelicht.

2.1.1 Investeringen

Ten behoeve van de analyse zijn de investeringen van bovengrondse infrastructuur (wegen) en van ondergrondse infrastructuur (buisleidingen) bepaald omdat deze een wezenlijk punt in de besluitvorming uitmaken.

Bij de bepaling van de investeringen gelden de volgende uitgangspunten:

- bij de bepaling van de investeringen in wegen is rekening gehouden met de benodigde kruisingen, kunstwerken, grondaankopen etc. De gehanteerde gegevens zijn ontleend aan het COB en RWS[12].
- bij de bepaling van de investeringen voor ondergronds buizentransport is zoveel mogelijk aangesloten bij de gegevens uit de voorstudie van TRAIL. Bovendien zijn gegevens geraadpleegd van CTT en DTO[13]. De gehanteerde eenheidsprijzen per investeringsobject zijn in de onderstaande figuur opgenomen.

[12] Bij de bepaling van de investeringen in wegen is gebruik gemaakt van de volgende bronnen:
- Rijkswaterstaat (1996), 'Handboek economische effecten infrastructuur', Rijkswaterstaat
- COB (1997), 'handboek quickscan', Gouda: CUR Centrum Ondergronds Bouwen

[13] Bij de bepaling van de investeringen in wegen is gebruik gemaakt van de volgende bronnen:
- DTO (1996), 'Buisleidingen voor goederentransport, Delft: Duurzame Technologische Ontwikkeling
- CTT(1997), 'Technologie Ondergronds Transportsysteem', Rotterdam

Objecten	Eenheidsprijs	Eenheid
Buisleidingen stedelijk	10.2	NGL x 10^6/km
Buisleidingen interlokaal	8.2	NGL x 10^6/km
WDW klein	6.0	NGL x 10^6/st
WDW groot	12.0	NGL x 10^6/st
LSP	90.0	NGL x 10^6/st
Voertuigen OTB	15.0	NGL x $10^{3/}$st

Tabel 3, kentallen ondergronds transport, CTT

- De noodzakelijke investeringen (benodigde budget) in wegen die noodzakelijk zijn voor de opvang van de groei van het verkeer zijn, gebaseerd op eerdere studies van het Centrum voor Ondergronds Bouwen (COB 1997).
- In de financiële analyses, waarin een vergelijking is gemaakt tussen ondergrondse en bovengrondse alternatieven, wordt alleen het verschil in de aanlegkosten ten gevolge van een verschuiving van bovengronds naar ondergronds goederentransport gebruikt. Aanlegkosten die hetzelfde zijn voor ondergrondse en bovengrondse alternatieven zijn derhalve buiten beschouwing gelaten.
- Naast een verdeling van kosten naar bovengronds- en ondergronds transport is er een verdeling gemaakt naar de volgende 4 categorieën:
    - Interlokaal, interlokale wegen en interlokale ondergrondse netwerken;
    - lokaal, lokale wegen en lokale ondergrondse netwerken;
    - terminals, grote logistieke centra (LSP's) en Wijkdistributiewinkels;
    - voertuigen, vrachtwagens en de ondergrondse voertuigen.

2.2 Exploitatie

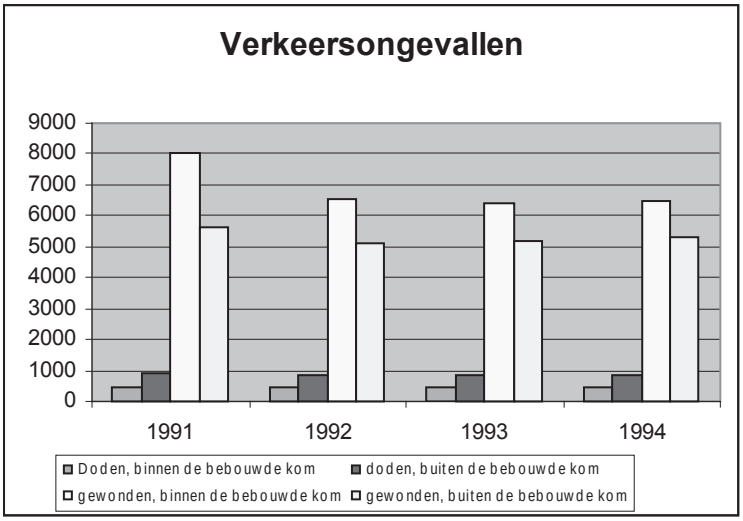
Tot de exploitatiekosten worden in deze studie alle kosten gerekend die in de gebruiksfase gemaakt worden door zowel overheden als private partijen. In het onderstaande overzicht staan de onderzochte kostensoorten weergegeven.

Exploitatie ondergronds	Exploitatie wegtransport
Onderhoud buizen	Onderhoud nieuwe wegen interlokaal Onderhoud nieuwe wegen lokaal
Onderhoud bouwkundig	
Onderhoud voertuigen	(onderhoud vrachtwagens is onderdeel van overige kosten)
Energieverbruik	Energieverbruik
Personeelslasten	Personeelslasten
Overhead	Overige kosten wegtransport (incl. kapitaalslasten van voertuigen)
Kapitaalslasten bouwkundig	
Kapitaalslasten civieltechnisch	Kapitaalslasten wegen, interlokaal Kapitaalslasten wegen, lokaal
Kapitaalslasten voertuigen	

Tabel 4 Onderscheiden kosten

2.3 Verkeers- en algemene veiligheid

In het onbemande ondergrondse vervoerssysteem zal naar verwachting het aantal ongevallen waarbij personen betrokken zijn aanzienlijk minder zijn dan bovengronds. Voor de omwonenden geldt dat zij vrijwel geen risico lopen.
Het aantal doden en ongelukken door verkeersongevallen is de laatste jaren licht afgenomen.



Figuur 4, grafische weergave verkeersongevallen

2.4 Verkeersintensiteit en congestieproblematiek

Congestie is een van de belangrijkste negatieve aspecten voor de gebruikers van infrastructuur. Met betrekking tot congestie is het volgende onderzocht:

- de congestiekosten op snelwegen (in mld gulden.), waarbij zowel de algemene fileproblemen voor alle verkeer alsmede de kostenverhogingen van het vrachtvervoer zijn meegenomen;
- en de congestiekosten op doorgaande wegen in de bebouwde kom (in mld gulden.).

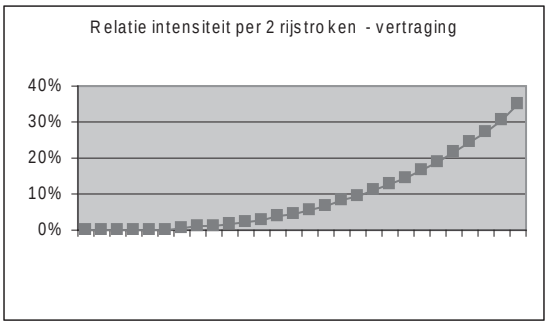
Hierbij is rekening gehouden met:

- de ontwikkeling van het bovengronds interlokaal vrachtverkeer (in mld tonkm);
- de ontwikkeling van het bovengronds lokaal vrachtverkeer;
- het aandeel van het vrachtverkeer in de totale verkeerstroom.

Als uitgangspunt is voorts gekozen dat de congestieproblemen vooral in de Randstad zullen ontstaan. Derhalve is vooralsnog alleen het verkeersnetwerk binnen de Randstad beschouwd met daarop de toename van het verkeer en de verdere toename van de congestieproblemen.

Voor de berekeningen van het effect van de verschuiving naar ondergronds transport is uitgegaan van de veronderstelling dat er in het autonome scenario een uitbreiding van het wegennet plaatsvindt die de groei van het bovengrondse verkeer grotendeels (circa 80%) opvangt. Het gevolg hiervan is dat de congestieproblematiek in het autonome scenario in geringe mate stijgt omdat de aanleg van nieuwe bovengrondse infrastructuur achterblijft bij de groei van het verkeer. Bij een scenario waarbij geen wegen bijgebouwd zouden worden,

neemt de congestie zeer sterk toe. Een dergelijk scenario is niet realistisch, omdat bij een reistijdvertraging van meer dan 40% een deel van het verkeer stil komt te staan.



Figuur 5 Relatie verkeersintensiteit en reistijdvertraging

2.5 Emissies

In dit onderzoek zijn de emissies van CO_2, CO, VOS (vluchtige organische stoffen), NO_x, stof en SO_2 in beschouwing genomen. De emissies zijn berekend aan de hand van het energieverbruik en de energetische processen. Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Uitgangspunten bij de berekening van de emissies van het wegverkeer:
  - voor het wegtransport wordt uitgegaan van voertuigen die aangedreven worden door dieselmotoren;
  - uitgegaan is van bekende emissiecijfers voor vrachtverkeer in Nederland[14];
  - bij de berekeningen van de emissies van vrachtverkeer is aangenomen dat er geen emissiebeperkende maatregelen worden genomen[15].
- Uitgangspunten bij de berekening van de emissies van de OTB-voertuigen in het ondergrondse systeem:
  - de OTB-voertuigen zullen beschikken over accu-aangedreven elektromotoren;
  - het energiegebruik van de OTB-voertuigen in het ondergrondse systeem is berekend aan de hand van het te verwachten vermogen van de electromotoren plus gebruik van het vermogen;
  - de emissies zijn berekend door het totale jaarlijkse electriciteitsgebruik te bepalen, waarna aan de hand van emissiegegevens die gelden voor elektriciteitsgebruik[16] een berekening van de totale uitstoot mogelijk is.
  - bij de berekeningen van de emissies van OTB-voertuigen is aangenomen dat er geen emissiebeperkende maatregelen bij de electriciteitsopwekkking worden genomen.
- De reductie van geëmitteerde stoffen wordt bepaald door te berekenen wat de relatieve verschuiving van bovengronds vervoer naar ondergronds vervoer is.

De CO2-emissies zijn bepaald als gevolg van dieselverbruik op de weg en electriciteitsverbruik in de buis. Bij de berekening is gebruik gemaakt van de volgende omrekening:

[14] De emissiekentallen zijn afgeleid uit de cijfers met betrekking tot de emissies van vrachtverkeer in: CBS (1997), 'statistisch zakboek 1997', Voorburg: CBS.
[15] De verschillende emissies die zijn berekend zullen derhalve evenredig verminderen indien schonere motoren zullen worden gebruikt (in dit onderzoek is dit geen onderwerp van studie geweest).
[16] De emissies van electriciteitsopwekking zijn ontleend aan: TU Delft, 1990, Goederenvervoer en leefmilieu, Delft

Diesel	81 kg CO2 per GJ
Electriciteit	163.8 kg CO2 per GJ

Tabel 5 Emissiekentallen voor CO2

2.6 Ruimtebeslag

Door de sterke groei van het verkeer zullen meer wegen nodig zijn. De wegen op maaiveldniveau nemen ruimte in beslag en verschuiving naar ondergronds vervoer levert een relatief lager ruimtebeslag op door een vermindering van de hoeveelheid aan te leggen wegen.

Uitgangspunten bij de bepaling van het verschil in ruimtebeslag tussen ondergrondse en bovengrondse infrastructuur zijn:

- Het verschil van de aan te leggen wegen inclusief kruisingen is berekend door uit te gaan van een theoretische verkeersweg voor alleen vrachtvervoer die dezelfde vervoersprestatie heeft als het ondergrondse systeem. De breedte van de weg (inclusief berm) vermenigvuldigd met de lengte levert het totale ruimtebeslag op.
- Aangenomen is dat het ondergronds vervoersysteem geen significant ruimtebeslag zal hebben. Het belangrijkste bovengrondse ruimtebeslag dat optreedt bij ondergrondse vervoerssystemen is namelijk het ruimtebeslag van overslagruimten. Aangenomen is dat deze overslagruimten in verhouding tot het totale ondergrondse vervoerssysteem een beperkt oppervlak hebben en grotendeels ondergronds zullen worden aangelegd.

2.7 Visuele- en geluidshinder

Bij berekeningen van geluidshinder zijn de volgende uitgangspunten toegepast:

- De breedte van de invloedszone waarin geluidshinder optreedt, is gerelateerd aan de bebouwingsdichtheid in de omgeving.
- Het aantal gehinderde woningen in de hinderzone wordt berekend door het oppervlak van de hinderzone te bepalen en dit te vermenigvuldigen met het aantal woningen per km^2 .

Aangenomen is dat hinder als gevolg van visuele barrières op soortgelijke wijze als geluidshinder invloed heeft op de waarde van omliggende woningen. Er is een aantal recente studies naar de waardedaling van onroerend goed in de directe nabijheid van wegen en spoorlijnen gedaan [17]. De berekening van visuele hinder, uitgedrukt in het aantal gehinderde woningen is gebaseerd op de bepalingsmethode die ontwikkeld is in het kader van CUR/COB onderzoek 'Bovengronds of ondergronds? Een quickscan voor integraal afwegen'.

[17] Zie onder meer NEI (1993), 'Studie effecten openstelling ringweg Amsterdam', Rotterdam: NEI

3. Onderzochte varianten

3.1 Algemeen

Om een uitspraak te kunnen doen over de wenselijkheid van een ondergronds transportsysteem voor goederenvervoer is een case studie verricht. De case studie bestaat uit een vergelijking van de gesimuleerde effecten van een aantal alternatieve ondergrondse vervoersconcepten.

De volgende cases zijn onderzocht:
- de huidige situatie 1995 welke geldt als basisjaar;
- de Nul-variant, de verwachte situatie in 2020;
- de Nul^{+} -variant, waarbij additionele maatregelen zijn getroffen[18];
- niet-traditioneel buisleidingentransport:
  - solitaire stad (berekend voor de gemeente Utrecht (incl. Nieuwegein, IJsselstein en Maarssen);
  - de Randstad-variant (zoals de solitaire stad maar dan voor de vier grote steden);
  - de Randstad^{++} -variant (ondergronds vervoersconcept voor de randstad met aansluiting op produktie- en distributiecentra);
  - een Nationaal ondergronds net voor buisleidingentransport binnen en tussen de grote steden en van en naar produktie- en distributiecentra in het land aansluitend op het internationale goederenvervoer;
  - idem waarbij de potentiële capaciteit van het netwerk ten volle benut wordt.

3.2 Huidige situatie, in 1995

Als uitgangssituatie is gekozen voor het basisjaar 1995. Voor zover mogelijk en van toepassing zijn de effecten en aspecten bepaald en berekend voor het basisjaar. Aangezien het 'Vervoersmodel Totaal' uitgaat van clusters van 5 jaar (1995-2000, 2000-2005, 2005-2010, 2010-2015 en 2015-2020) en er veel gegevens uit andere onderzoeken 1995 als basisjaar hebben is ook in dit onderzoek uitgegaan van1995.

3.3 Nul-variant, de verwachte situatie in 2020

De Nul-variant is de variant waarmee alle ondergrondse vervoersconcepten vergeleken worden ten einde aan te geven wat de voordelen (en/of nadelen) zijn van deze ondergrondse

[18] Deze variant is opgenomen om de relatieve betekenis van het bieden van een ondergrondse oplossingen te vergelijken met andere varianten voor het verminderen van de verkeersdrukte. Hierbij is uitgegaan van een scenario waarin de volgende congestie-reducerende maatregelen ingevoerd zullen worden, te weten:
- Spreiding van het woon-werkverkeer door een andere werkweek-indeling;
- Toepassen van elektronische geleiding op een deel van de snelwegen om de capaciteit van de wegen te vergroten;
- Instellen van rekeningrijden, rond een aantal steden in de Randstad

vervoersconcepten. De Nul-variant beschrijft de situatie in 2020 die zou ontstaan wanneer de huidige (autonome) ontwikkelingen zich voortzetten.
Op basis van het 'European Coordination'-scenario uit de lange-termijnverkenning van het Centraal Planbureau[19] is de verwachte situatie in 2020 bepaald. Hierbij zijn de gegevens voor de situatie in 2020 afgeleid van de gegevens uit 1995 door middel van extrapolatie en/of indexering met behulp van de parameters voor de groei van het BNP en het goederenvervoer uit het 'European Coördination'-scenario.

3.4 De Nul^{+} -variant

Om de relatieve betekenis van het bieden van een ondergrondse oplossing te vergelijken met andere varianten voor het verminderen van de verkeersdrukte zijn de volgende alternatieve oplossingen op een globale manier onderzocht:

- *Spreiding van het woon-werkverkeer door een andere werkweek-indeling.*
  Spreiding van het woon- werkverkeer heeft als gevolg dat de capaciteit van een weg beter benut wordt. Door het verkeer beter over de dag te spreiden kan de ochtend- en de avondspits afgevlakt worden zodat de intensiteit op de weg tijdens beide spitsten zal afnemen. Dit effect komt de doorstroming ten goede en laat een groter aantal voertuigen gedurende 24 uur op de weg toe, zonder dat dit tot extra congestie zal leiden. In het doorgerekende voorbeeld is uitgegaan van een zesdaagse werkweek in blokken van 4 x 9 uur, waardoor de dagintensiteit met circa 20% zal afnemen. Het woon-werkverkeer is plusminus 20% van het totale auto-personenverkeer (Bron: CBS).
- *Toepassen van elektronische geleiding op een deel van de snelwegen om de capaciteit van de wegen te vergroten,*
  De capaciteit van een weg wordt door een aantal aspecten beïnvloed. Zo is er een positief verband tussen het aantal rijstroken en de capaciteit van de weg. Het aantal voertuigen dat zich tegelijkertijd op een stuk weg kan bevinden, wordt bepaald door de snelheid waarmee de voertuigen zich verplaatsen. Hoe hoger de snelheid van de voertuigen is, des groter is de remweg. Er is dus een gemiddelde afstand vanwege veiligheidsoverwegingen tussen twee voertuigen. Als de snelheid hoger is, zal de veilige afstand tussen de twee voertuigen ook groter moeten zijn. Door deze afstand elektronisch door de voertuigen zelf te laten regelen, kan er een kleinere afstand gerealiseerd worden. Het aantal voertuigen dat zich tegelijkertijd bij normale doorstroming op een weg kan bevinden, kan zo aanzienlijk toenemen. Deze technologische oplossing kan op deze manier bijdragen tot een vermindering van de congestie op het wegennet.
- *Instellen van rekeningrijden.*
  Tolheffing tijdens de spits moet de automobilist stimuleren om voor of na de spits de snelwegen op te gaan. Het verschil met de spreiding van het woon-werkverkeer is de verdeling over 24 uur in tegenstelling tot de spreiding over de week in zes dagen. De inschatting van dit effect blijft arbitrair.

[19] 'Omgevingsscenario's Lange Termijn Verkenning 1995 - 2020'; Werkdocument No 89; CPB; Den Haag; december 1996
'Economie en fysieke omgeving: beleidsopgaven en oplossingsrichtingen 1995-2020'; SDU; Den Haag; juli 1997

3.5 Niet-traditioneel buisleidingentransport (OTB)

De OTB-netwerken kenmerken zich door een samenstelsel van buizen aangesloten op terminals en logistieke parken waarin zelfstandig aangedreven voertuigen rijden. De WDW's[20] bevinden zich op bedrijfsterreinen en bij winkelcentra. De logistieke parken (LSP's)[21] zijn in principe geschikt voor multimodaliteit. In de LSP's vindt concentratie van logistieke activiteiten plaats welke al of niet relatie hebben met ondergrondse transportsystemen.

Uitgangspunten:
- in de buizen rijden voertuigen die zelfstandig aangedreven zijn. Per voertuig wordt één pallet vervoerd;
- een buis heeft een diameter van 2,20 m[1].

In de onderstaande matrix staat een gedeelte van de uitwerking van de ruimtelijke concepten zoals die door TRAIL Onderzoeksschool uitgewerkt zijn en in dit onderzoek als invoergegevens gebruikt zijn.

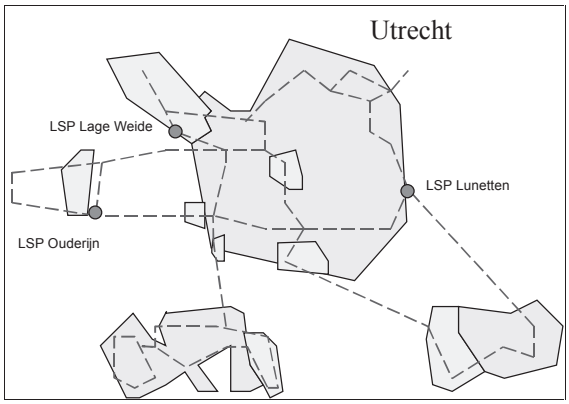
2020		Prestatie	Netlengte	LSP's	WDW's	Voertuigen
		Mln tonkm	Km			
B4, solitaire stad	Lokaal	28	123,3	3	77	9634
	Interlokaal	0	0			
B5, 4R.steden gekoppeld	Lokaal	155	666	11	592	53128
	Interlokaal	384	320			12624
B7, 4Rsteden +	lokaal	155	666	11	592	53128
	interlokaal	494	320			16256
Nationaal net 14 knooppunten	lokaal	723	1885	24	1411	242909
	Interlokaal	5943	2144 [22]			98576

Tabel 6, uitwerking van een aantal ruimtelijke concepten

3.5.1 Solitaire stad

Dit concept gaat uit van een ondergronds vervoerssysteem in één stad. Als voorbeeld is gekozen voor de stad Utrecht. De netwerkopbouw van de solitaire stad is als volgt:
- aansluiting van de gemeenten Utrecht, IJsselstein, Houten en Nieuwegein;
- 3 LSP's (Lage Weide, Ouderijn, Lunetten - waarbij Lage Weide en Lunetten in principe geschikt zijn voor multimodaliteit);
- totaal 77 WDW's (waarvan 37 voor winkelcentra, 34 voor bedrijventerreinen en 6 grotere terminals voor bedrijventerreinen; totaal te zien als 83 units; 28 voor Lage Weide, 28 voor Ouderijn en 27 voor Lunetten);
- een totale netwerklengte van 123,3 kilometer (42,8 km voor LSP Lage Weide, 49,4 voor LSP Ouderijn (bedient ook Nieuwegein/IJsselstein) en 31,1 kilometer voor LSP Lunetten).

[20] Wijkdistributie winkels
[21] Logistieke stadsparken
[22] In het onderzoek is gerekend met een interlokale buislengte van 2*1072 km. In het onderzoek van TRAIL Onderzoeksschool is hieraan 568 km toegevoegd en op dit moment niet meegenomen in de berekeningen. De invloed op de investeringen is 8% en op de exploitatie 5%.



Figuur 6, grafische weergave van het buisleidingenstelsel in de stad[23]

De WDW's liggen op een onderlinge afstand van ongeveer een kilometer. De maximale afstand tot een WDW is dan vijfhonderd meter.

2020		Prestatie	Netlengte	LSP's	WDW's	Vtg
		mln tonkm	Km			
B4, solitaire stad	lokaal	28	123,3	3	77	9634
	interlokaal	0	0			

3.5.2 Randstad

Dit ruimtelijke concept gaat uit van een buisleidingensysteem binnen de vier grote randstadsteden, vergelijkbaar met het systeem van de solitaire stad. Daarnaast is er tussen de steden buisleidingvervoer. De overige delen van de randstad en Nederland hebben geen buisleidingentransport en zijn ook niet aangesloten op het verbindende netwerk. Toegang tot de stedelijke netwerken is alleen mogelijk via de LSP's bij de vier grote steden.

2020		Prestatie	netlengte	LSP's	WDW's	Vtg
		mln tonkm	km			
B5, 4R.steden gekoppeld	lokaal	155	666	11	592	53128
	interlokaal	384	320			12624

3.5.3 Randstad^{++}

Het Randstad^{++} -concept gaat uit van buisleidingentransport binnen en tussen de vier grote steden en van en naar produktie- en distributiecentra buiten de vier grote steden;

2020		Prestatie	netlengte	LSP's	WDW's	Vtg
		mln tonkm	km			
B7, 4Rsteden + +	lokaal	155	666	11	592	53128
	interlokaal	494	320			16256

[23] TRAIL Onderzoeksschool

3.5.4 Nationaal Netwerk, 14 knooppunten

Naast de bovenstaande ondergrondse vervoersconcepten die betrekking hebben op een deel van Nederland, zijn twee varianten in beschouwing genomen die betrekking hebben op de vervoersstromen in heel Nederland. Bij deze variant is uitgegaan van een nationaal ondergronds net voor buisleidingentransport binnen en tussen de groten steden en van en naar produktie- en distributiecentra in het land aansluitend op het internationale vervoer. Het systeem kent 14 knooppunten. Aangenomen is dat de capaciteit niet volledig benut wordt. De tweede variant (zie volgende paragraaf) maakt optimaal gebruik van de potentiële capaciteit van het netwerk.

2020		Prestatie	netlengte	LSP's	WDW's	Vtg
		mln tonkm	km			
Nationaal net 14 knooppunten	Lokaal	723	1885	24	1411	242909
	Interlokaal	5943	2144[22]			98576

3.5.5 Nationaal Netwerk, 14 knooppunten, maximale vervoersprestatie

Deze variant is vergelijkbaar met het nationale net welke in paragraaf 3.5.4 beschreven is. De vervoersprestatie van het ondergrondse buizenstelsel is zodanig gekozen dat de maximale vervoersprestatie behaald wordt. Het netwerk is veel uitgebreider dan het netwerk dat in de vorige paragraaf besproken is. Bij deze variant is verondersteld dat 18,2 miljard tonkilometers van het wegvervoer naar het ondergrondse netwerk verplaatst, waar het 21,0 miljard tonkilometers (1,69 lokaal en 19,34 interlokaal) oplevert in verband met de langere transportroutes.

2020 volledig		Prestatie	Netlengte	LSP's	WDW's	Vtg
		Mln tonkm	km			
Nationaal net 14 knooppunten	Lokaal	1690	2982	24	1411	566923
	Interlokaal	19339	6800			327180

4. Resultaten

4.1 Algemeen

In dit hoofdstuk worden de resultaten besproken van het onderzoek. Per variant worden de verschillende financieel-economische en andere maatschappelijke effecten weergegeven.

4.2 Nul^{+}-variant

Om de relatieve betekenis van het bieden van een ondergrondse oplossing te vergelijken met andere varianten voor het verminderen van de verkeersdrukte, zijn de volgende opties op een globale manier onderzocht:

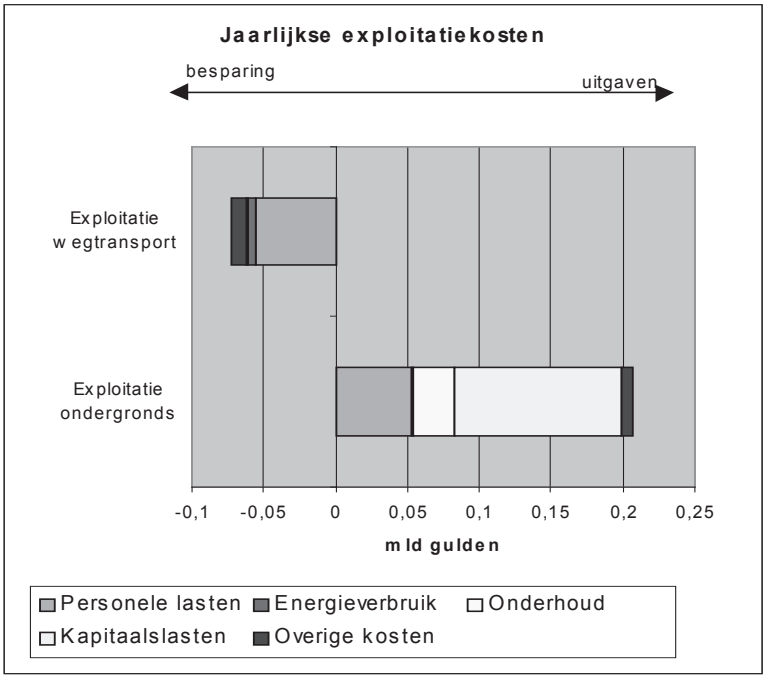
- Spreiding van het woon-werkverkeer door een andere werkweek-indeling;
- Toepassen van elektronische geleiding op een deel van de snelwegen om de capaciteit van de wegen te vergroten;
- Instellen van rekeningrijden.

Investering hier bedragen ongeveer 1,8 miljard gulden. Hiervan is zo'n 200 miljoen nodig voor aanpassingen in vrachtwagens. De aanpassingen aan personenauto's zijn buiten beschouwing gelaten. De overige 1,6 miljard zijn investeringen in electronische installaties langs de wegen. De exploitatiekosten bedragen jaarlijks zo'n 60 miljoen gulden.
Deze investeringen leveren jaarlijks zo'n 1,4 miljard gulden op aan besparing op congestiekosten. Dit is de besparing ten opzichte van de situatie in 2020 waarin een groot deel, ongeveer 80%, van de verkeersgroei opgevangen wordt door het bouwen van nieuwe wegen.

4.3 Niet-traditioneel buisleidingtransport

4.3.1 Solitaire stad

De investering in een buizenstelsel voor de solitaire stad bedraagt ongeveer 1,9 miljard gulden. Doordat de vervoersprestaties van deze variant relatief laag zijn, zal dit een beperkte besparing opleveren op investeringen in het wegtransport. Wanneer we kijken naar de exploitatiekosten zien we ook een negatief saldo van deze investering.



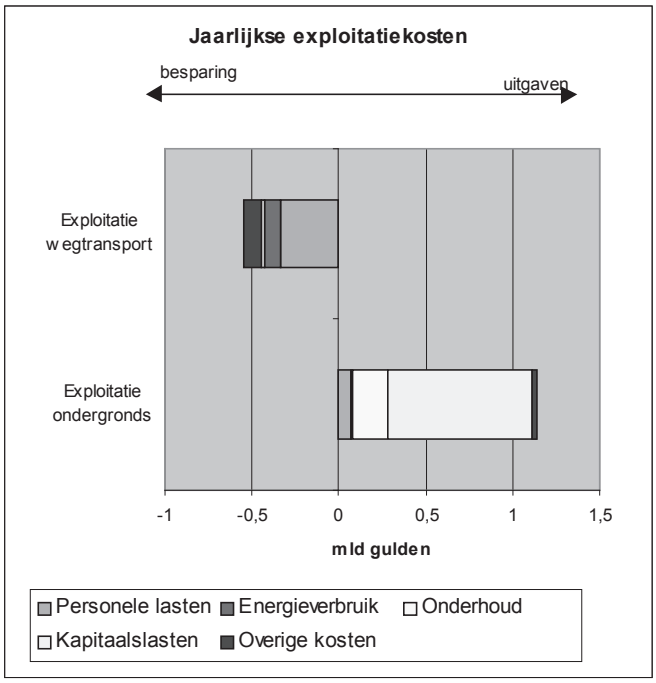
Overige effecten

Vervoersintensiteit	mld tonkm	**Verkeersongevallen agv vrachtverkeer**	
Bovengronds interlokaal vrachtverkeer	pm	Aantal ongevallen	-0,1%
Bovengronds lokaal vrachtverkeer	-0,0		
	aandeel	**Ruimtebeslag**	km2
aandeel vrachtverkeer op wegen	-0,04%	Ruimtebeslag door wegen	-0
	mld gld		
congestie snelwegen	-0,00	**Emissies**	mln kg
congestie bebouwde kom	-0,01	CO2 uitstoot alle vrachtverkeer	-2
		CO uitstoot alle vrachtverkeer	-0,1
Hindereffecten	aantal *1000	VOS uitstoot alle vrachtverkeer	-0,0
Geluidshinder, aantal woningen >55db(A)	-1	NOx uitstoot alle vrachtverkeer	-0,1
Geluidshinder, aantal woningen <55db(A)	-4	Stof uitstoot alle vrachtverkeer	-0,0
Visueel gehinderde woningen	-1	SO2 uitstoot alle vrachtverkeer	-0,0

Ook levert deze variant slechts beperkte milieuvoordelen op. Wanneer rekening gehouden wordt met toenemende wachttijden van vrachtverkeer in de variant voor bovengronds wegverkeer is het beeld positiever.
Zie verder bijlage IV.

4.3.2 Randstad

Het randstadmodel vergt grote investeringen ten opzichte van de te behalen besparingen op wegtransport. Een investering van 14,6 miljard in ondergrondse infrastructuur levert slechts een geringe bijdrage aan de reductie van congestiekosten op. . Dit is een beperkte winst wanneer we kijken naar het exploitatiesaldo bij de vergelijking van wegtransport en ondergronds transport.

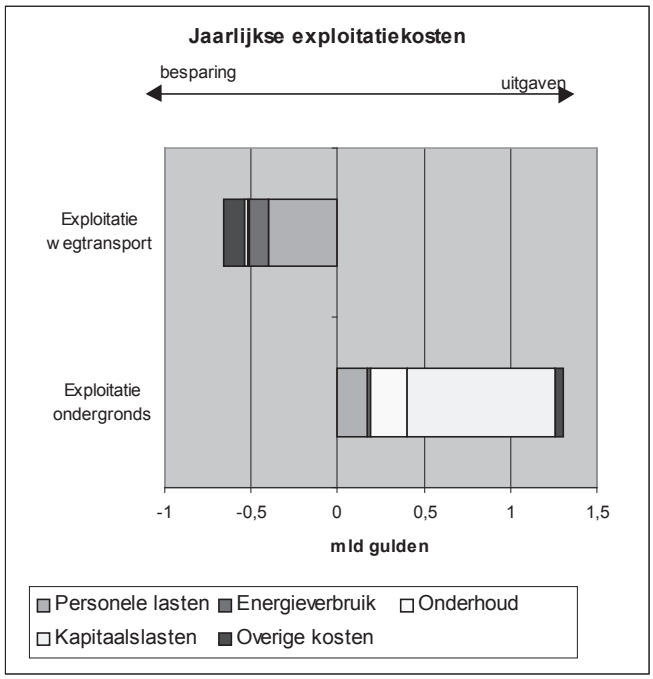


Overige effecten			
Vervoersintensiteit	mld tonkm	**Verkeersongevallen agv vrachtverkeer**	
bovengronds interlokaal vrachtverkeer	-0,4	Aantal ongevallen	-1,0%
bovengronds lokaal vrachtverkeer	-0,1		
	aandeel	**Ruimtebeslag**	km2
aandeel vrachtverkeer op wegen	-0,76%	Ruimtebeslag door wegen	-1
	mld gld		
congestie snelwegen	-0,04	**Emissies**	mln kg
congestie bebouwde kom	-0,03	CO2 uitstoot alle vrachtverkeer	-126
		CO uitstoot alle vrachtverkeer	-1,0
Hindereffecten	aantal *1000	VOS uitstoot alle vrachtverkeer	-0,5
Geluidshinder, aantal woningen >55db(A)	-5	NOx uitstoot alle vrachtverkeer	-2,0
Geluidshinder, aantal woningen <55db(A)	-24	Stof uitstoot alle vrachtverkeer	-0,1
Visueel gehinderde woningen	-3	SO2 uitstoot alle vrachtverkeer	-0,2

Zie verder bijlage V.

4.3.3 Randstad^{++}

Het verschil bij deze variant komt voornamelijk tot uiting in een hoge investering voor het ondergronds netwerk en een verminderde aanleg van weginfrastructuur. Het verschil in exploitatiekosten op langere termijn is klein. Ook is de te behalen milieuwinst beperkt.

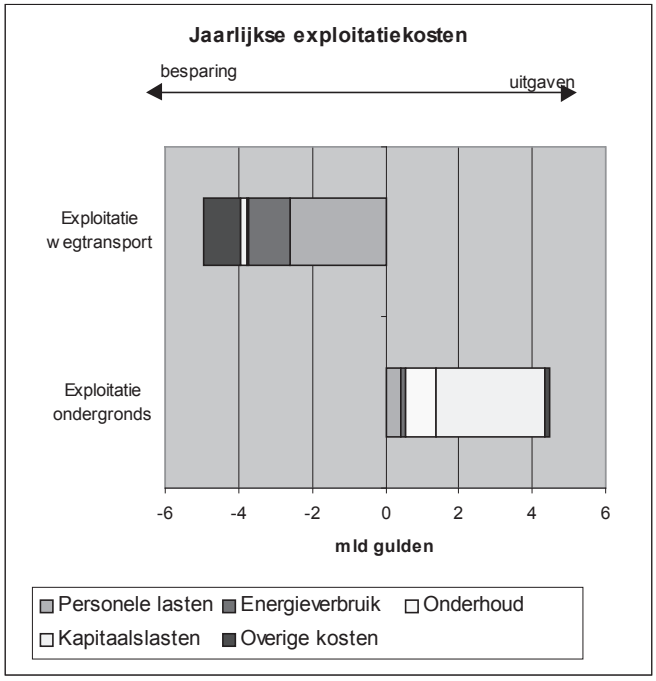


Overige effecten

Vervoersintensiteit	mld tonkm	**Verkeersongevallen agv vrachtverkeer**	
bovengronds interlokaal vrachtverkeer	-0,5	Aantal ongevallen	-1,2%
bovengronds lokaal vrachtverkeer	-0,2		
	aandeel	**Ruimtebeslag**	km2
aandeel vrachtverkeer op wegen	-0,91%	Ruimtebeslag door wegen	-1
	mld gld		
congestie snelwegen	-0,05	**Emissies**	mln kg
congestie bebouwde kom	-0,03	CO2 uitstoot alle vrachtverkeer	-151
		CO uitstoot alle vrachtverkeer	-1,2
Hindereffecten	aantal *1000	VOS uitstoot alle vrachtverkeer	-0,6
Geluidshinder, aantal woningen >55db(A)	-6	NOx uitstoot alle vrachtverkeer	-2,4
Geluidshinder, aantal woningen <55db(A)	-24	Stof uitstoot alle vrachtverkeer	-0,2
Visueel gehinderde woningen	-3	SO2 uitstoot alle vrachtverkeer	-0,2

4.3.4 Nationaal Netwerk, 14 knooppunten

Het zal duidelijk zijn dat grote investeringen zijn gemoeid met een landelijk netwerk, doch de vervoersprestatie is daarbij zodanig dat ook een aanzienlijke besparing voor de bovengrondse infrastructuur wordt bereikt. De exploitatiekosten voor dit ondergrondse netwerk zijn lager dan de verminderde exploitatiekosten voor het wegtransport. De niet in geld uitgedrukte voordelen zijn aanzienlijk, zoals te zien is bij de milieuvoordelen (zie bijlage). Het niet hoeven aanleggen van een stedelijke infrastructuur draagt eveneens bij tot een grote milieuwinst.



Overige effecten

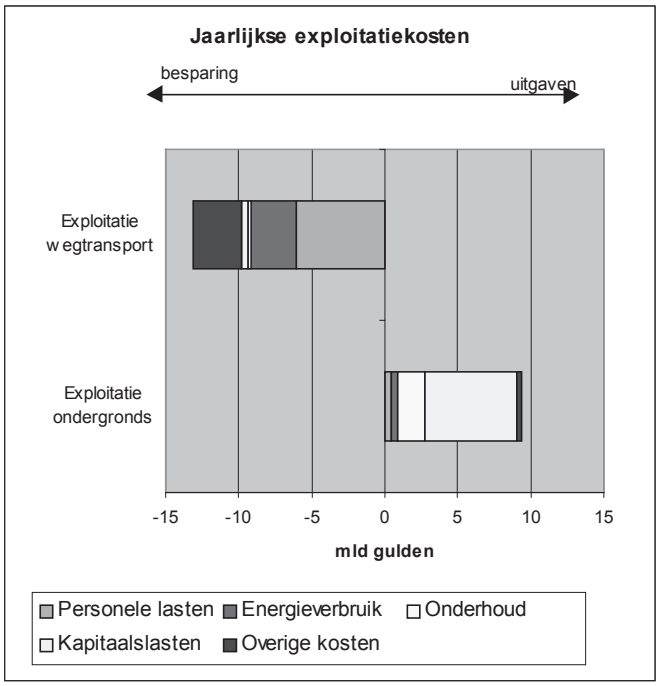
Vervoersintensiteit	mld tonkm
bovengronds interlokaal vrachtverkeer	-5,9
bovengronds lokaal vrachtverkeer	-0,7
	aandeel
aandeel vrachtverkeer op wegen	-9,60%
	mld gld
congestie snelwegen	-0,18
congestie bebouwde kom	-0,16
Hindereffecten	aantal *1000
Geluidshinder, aantal woningen >55db(A)	-27
Geluidshinder, aantal woningen <55db(A)	-140
Visueel gehinderde woningen	-14

Verkeersongevallen agv vrachtverkeer	
Aantal ongevallen	-12,1%
Ruimtebeslag	km2
Ruimtebeslag door wegen	-6
Emissies	mln kg
CO2 uitstoot alle vrachtverkeer	-1756
CO uitstoot alle vrachtverkeer	-12,5
VOS uitstoot alle vrachtverkeer	-6,0
NOx uitstoot alle vrachtverkeer	-24,3
Stof uitstoot alle vrachtverkeer	-1,7
SO2 uitstoot alle vrachtverkeer	-2,1

Zie verder bijlage VII

4.3.5 Nationaal Netwerk, 14 knooppunten, maximaal vervoersprestatie

Dit laatste overzicht laat nogmaals de variant van het landelijk ondergronds netwerk zien. Het verschil ten op zichtte van de vorige figuur zit in de aannamen die gebruikt zijn voor de berekening. Deze vervoersprestaties liggen een stuk hoger. De totale netwerklengte is meer dan 2 keer zo groot. Door de grootte verschuiving van bovengronds naar ondergronds transport is het exploitatiesaldo positief. Ook worden aanzienlijke milieuwinsten behaald.



. **Overige effecten**

Vervoersintensiteit	Mld tonkm	**Verkeersongevallen agv vrachtverkeer**	
bovengronds interlokaal vrachtverkeer	-16,8	Aantal ongevallen	-38,0%
bovengronds lokaal vrachtverkeer	-1,5		
	Aandeel	**Ruimtebeslag**	km2
aandeel vrachtverkeer op wegen	-32,23%	Ruimtebeslag door wegen	-16
	mld gld		
congestie snelwegen	-0,40	**Emissies**	mln kg
congestie bebouwde kom	-0,35	CO2 uitstoot alle vrachtverkeer	-5681
		CO uitstoot alle vrachtverkeer	-39,6
Hindereffecten	aantal *1000	VOS uitstoot alle vrachtverkeer	-18,9
Geluidshinder, aantal woningen >55db(A)	-59	NOx uitstoot alle vrachtverkeer	-76,8
Geluidshinder, aantal woningen <55db(A)	-321	Stof uitstoot alle vrachtverkeer	-5,4
Visueel gehinderde woningen	-30	SO2 uitstoot alle vrachtverkeer	-6,6

Zie verder bijlage VIII.

5. Conclusies

5.1 Algemeen

De berekeningen geven aan dat een ondergronds systeem van buizentransport vooral succesvol zal zijn als een integratie ontstaat tussen de lokale, regionale en interregionale vervoersstromen. De bijdrage aan de oplossing van de huidige maar vooral toekomstige knelpunten is zeer groot als er een combinatie wordt gezocht met de additionele beleidsmaatregelen, zoals spreiding en de inzet van nieuwe informatie-technologie, via electronische geleiding. Dit geldt met name voor de bereikbaarheid van de dichtslibbende stedelijke gebieden.
De aantrekkelijkheid van deze regio van Europa ten opzichte van andere regio's zal bepalend zijn voor het vestigingsklimaat en dus voor de mate van economische ontplooiing. De economische voordelen hiervan laten zich moeilijk kwantificeren, doch dienen wel te worden meegewogen bij beslissingen over aan te leggen infrastructuur.

5.2 Nul^{+}-variant

Eerst is het effect berekend van het beleid dat gericht is op maatregelen ter bestrijding van de congestie en files zoals:

- betere spreiding verkeer;
- elektronische geleiding van voertuigen;
- rekening rijden.

Het effect is een sterk verminderde congestie op het interlokale hoofdwegennet. Binnen de steden verminderen de bereikbaarheidsproblemen er niet door.
Het positieve exploitatieresultaat van deze variant wordt vooral veroorzaakt door de opbrengst van het rekeningrijden.
Minder files lijdt tot minder energieverbruik en milieuvervuiling. De kwantificering hiervan is niet uitgevoerd

5.3 Niet-traditioneel buisleidingtransport (OTB)

5.3.1 Solitaire stad

Deze variant is uit financieel-economisch oogpunt niet rendabel. Tegenover een investering van 1,92 miljard in het ondergrondse systeem staat een besparing van 0,08 miljard voor bovengrondse infrastructuur. De prestaties zijn laag in vergelijking tot de investeringen. De kapitaalslasten zijn zeer hoog. Hierdoor is in de exploitatie een negatief saldo te zien wanneer de besparing die bovengronds gerealiseerd wordt meegerekend wordt. Ook de milieuwinst is beperkt.

5.3.2 Randstadnet

Deze variant is niet wenselijk aangezien de prestaties te laag zijn in vergelijking tot de noodzakelijke investeringen.

5.3.3 Randstadnet++

Een netwerk voor de gehele Randstad met knooppuntaansluitingen ten behoeve van de rest van het land is bij de aannamen die gedaan zijn voor de exploitatie niet kostendekkend te noemen. De kapitaalslasten van het ondergrondse systeem zijn zeer hoog. Het levert echter wel een besparing op van personeelslasten. Daarbij levert de vervoersprestatie nog geen substantiële verschuiving op van wegtransport naar ondergronds transport. Dit omdat de aansluiting naar de goederenstromen van en naar de randstad niet optimaal is. Deze variant is nog veel 'lokaal' georiënteerd. Teveel transporten gaan dan nog buiten de buis om.

5.3.4 Nationale Netwerk, 14 knooppunten

Het 14-knooppuntennetwerk geeft goede financieel-economische resultaten. De vervoersprestatie, welke in het ondergrondse systeem bereikt wordt, heeft nog geen substantiële verschuiving van bovengronds naar ondergronds tot gevolg Het exploitatiesaldo is matig positief. Moderne vormen van PPS-constructies zullen hierbij zeker nodig zijn.

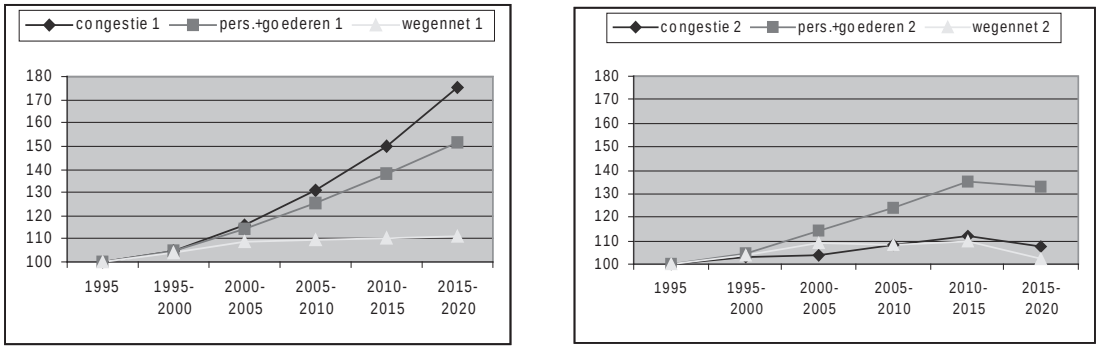
5.3.5 Nationale Netwerk, 14 knooppunten, maximale vervoersprestatie

Het 14-knooppuntennetwerk, waarbij de vervoersprestatie tot het maximale niveau (de NEA studie) is opgevoerd geeft een duidelijk positief resultaat voor het ondergrondse netwerk en geeft ook de grootste verlichting van de verkeersdruk zowel op de interlokale als de stedelijke wegen.

5.4 Combinatie van Nul^{+}-variant en ondergronds transport

Een combinatie van additionele beleidsmaatregelen met de aanleg van een nationaal ondergronds goederentransportsysteem levert de grootste bijdrage aan het oplossen van de problemen. Congestie en files op de interlokale hoofdwegen kunnen vrijwel volledig worden teruggedrongen. De bereikbaarheid van de binnensteden voor goederen kan worden gewaarborgd, ook als besloten wordt tot verkeersluwe of autovrije zones.

In de onderstaande grafiek staan twee prognoses weergegeven. De linker grafiek geeft de situatie weer wanneer er geen extra maatregelen genomen worden. De congestie stijgt, het bovengrondse personen- en goederenvervoer neemt steeds meer toe en er worden meer wegen aangelegd.
In de tweede grafiek staan dezelfde aspecten weergegeven maar dan in een situatie waarin het additionele beleid wordt uitgevoerd (verkeersgeleiding, rekeningrijden en spreiding van verkeer) plus in een aantal fasen een ondergrondsnetwerk (het Nationale Netwerk met 14 knooppunten). Wanneer deze maatregelen beide genomen worden zal, in het jaar 2020, ondanks de groei, de congestie bijna volledig op het basisniveau teruggebracht zijn. Op de Y-as zijn de geïndexeerde cijfers ten opzichte van het basisjaar 1995 (=100) weergegeven.



Figuur7, grafische weergave van de situatie zonder (linker figuur) en de situatie met gecombineerde maatregelen. Op de Y-as staan de geindexeerde bedragen.

5.5 Gevoeligheid modellen voor parameters en aannamen

De invloed van de parameters en aannamen op de resultaten is groot. De conclusie van de uitgevoerde gevoeligheidsanalyses is dat vooral een hogere efficiency bij de aanleg van de ondergrondse infrastructuur, die het gevolg is van de schaalgrootte-effecten, leidt tot aanzienlijke vermindering van de investeringen. De verwachte besparing is zo'n 20% - 30%.

Wanneer rekening gehouden wordt met de prijsstijging van bovengronds goederentransport, als gevolg van stagnatie en/of moeilijke bereikbaarheid, zijn de kosten van wegvervoer zo'n 20%-40% hoger dan nu wordt aangenomen.

Het energieverbruik van de ondergrondse voertuigen kan 20%-50% lager zijn dan nu is aangenomen wanneer gekozen wordt voor een ander (efficiënter) transportsysteem.

De investeringskosten van ondergrondse voertuigen kunnen 20%-40% lager zijn wanneer rekening gehouden wordt met schaalgrootte effecten.

Nadere studies naar de schaalgrootte-effecten zijn onontbeerlijk.

6. Aanbevelingen

Aanbevelingen

Aanbevolen wordt het nader onderzoek te richten op de volgende onderwerpen:

- het combineren van ondergronds transport van goederen met innovaties in de bestaande vervoersmodaliteiten via weg, spoor en water;
- het optimaliseren van een netwerk van OLS door deels ondergronds en deels bovengronds te bouwen;
- onderzoek naar innovatieve en energiezuinige voertuigtechnieken;
- onderzoek naar marktpotentieel en draagvlak;
- het verder ontwikkelen van het simulatiemodel (onderstaande alinea);
- het ontwikkelen van een database met verkeers- en vervoersgegevens die via datasharing in toekomstige studies gebruikt kan worden.

Simulatiemodel vervoers- en verkeersstromen

Gebleken is dat een interactief simulatiemodel voor alle verkeer en vervoersbewegingen waarin verschillende varianten integraal kunnen worden afgewogen van groot belang is. In het kader van dit korte onderzoek is met een vereenvoudigde versie volstaan gebaseerd op eerder ontwikkelde modellen in de SOVI, COB en LWI studies. Het verdient aanbeveling in samenwerking met verkeersdeskundigen tot een robuust en integraal model te komen (o.a. model SMILE van TNO INRO).

7. Literatuurlijst

1. DTO, 1996, Buisleidingen voor goederentransport, Delft
2. TU Delft, 1990, Goederenvervoer en leefmilieu, Delft
3. Hermans, L.J.F. Energie, een blik in de toekomst, Utrecht
4. TU Delft, 1995, Ondergronds transportmogelijkheden doorgrond, Delft
5. CTT, 1998, Technologie Ondergronds Transportsystemen, Quick Scan verkenning ten behoeve van IPOT, J. Katgerman, J.C. Rijsenbrij, J.G.S.N. Visser, maart 1998
6. CUR/COB, 1997, Rapport N 410-01 "Bovengronds of ondergronds? Een quickscan voor integraal afwegen. Deel 1: Eind Rapport", Gouda
7. CUR/COB, 1997, Rapport N 410-02 "Bovengronds of ondergronds? Een quickscan voor integraal afwegen. Deel 2: Handboek", Gouda
8. COB, 1997, "Handboek Ondergronds Bouwen, Ondergronds Bouwen in Breed Perspectief", Rotterdam
9. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, directie goederenvervoer, 1995, Unit Transport per Pijpleiding (UTP), 's-Gravenhage
10. ROM-magazine, nr. 10, oktober 1997, Buizentransport van goederen met wijkdistributie: duurzaam en haalbaar
11. CBS-gegevens, verkeer en vervoer, 1997
12. NEA/DHV, 1998, referentiekader vervoer ondergronds transport, R 970234\12585, Rijswijk/Amersfoort, maart 1998
13. COB, 1998, Inventarisatie aanlegtechnieken tunnels met een doorsnede van twee tot vijf meter, J.C. Kuiper, W. Ottevanger, maart 1998
14. TRAIL, 1998, Ruimtelijke concepten ondergronds transport, TRAIL Onderzoeksschool Delft, J.S.G.N Visser, A.J.M. Vermunt, A.J. van Binsbergen, maart 1998.

I. Bijlage: totaaloverzicht

Hieronder staat een overzicht van de verschillende uitgewerkte ruimtelijke concepten. De situatie 2010 is in eerste instantie wel meegenomen in het onderzoek maar is uiteindelijk buiten beschouwing gelaten.

2010		prestatie	netlengte	LSP's	WDW's	vtg
		mln tonkm	km			
Solitaire stad	Lokaal	22	123,3	3	77	7821
	interlokaal	0	0			0
Randstad	lokaal	120	623	11	592	41040
	interlokaal	314	320			10320
Randstad^{++}	lokaal	120	623	11	592	41040
	interlokaal	403	320			13240
Nationaal Netwerk 14 knooppunten	lokaal	553	1689	24	1411	185700
	interlokaal	4567	2349			76164

2020		prestatie	Netlengte	LSP's	WDW's	vtg
		mln tonkm	Km			
Solitaire stad	**lokaal**	28	123,3	3	77	9634
	interlokaal	0	0			
Randstad	**lokaal**	155	666	11	592	53128
	interlokaal	384	320			12624
Randstad^{++}	**lokaal**	155	666	11	592	53128
	Interlokaal	494	320			16256
Nationaal Netwerk 14 knooppunten	**lokaal**	723	1885	24	1411	242909
	interlokaal	5943	2144[22]			98576

2020 volledig		prestatie	Netlengte	LSP's	WDW's	vtg
		mln tonkm	km			
Solitaire stad	**lokaal**	28	123,3	3	77	9634
	interlokaal	0				
Randstad	**lokaal**	155	666	11	592	53128
	interlokaal	767	320			61588
Randstad^{++}	**lokaal**	155	666	11	592	53128
	interlokaal	1872	688			61588
Nationaal Netwerk 14 knooppunten	**lokaal**	1690	2982	24	1411	566923
	interlokaal	19339	6800			327180

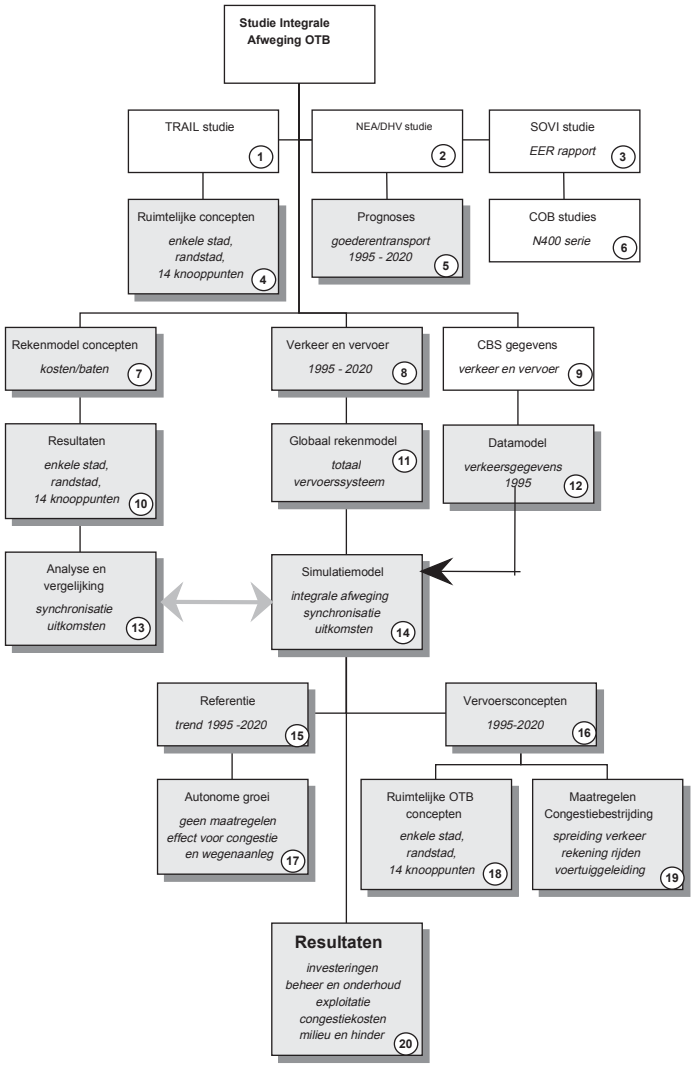
II. Bijlage: gehanteerde instrumenten en modellen

Algemeen

Zoals uit paragraaf 1.3 blijkt is ten behoeve van de analyse gebruik gemaakt van een modelmatige aanpak. Hoewel er in het recente verleden een aantal afwegingsmodellen voor lijninfrastructuur is ontwikkeld, blijkt hier een maatwerkoplossing toch de enige goede aanpak

Het instrument in deze studie voor integrale afweging bouwt wel voort op eerdere model-ontwikkelingsactiviteiten van de auteurs in het kader van de SOVI-studies en het COB-programma. In onderstaand schema is aangegeven hoe de relaties zijn tussen de verschillende studies en de verdere werkwijze bij het integraal afwegingsmodel. Het schema zal in hierna worden toegelicht.

Schematische weergave werkwijze



Toelichting op het schema

1. TRAIL studie[24] waarin de ondergrondse ruimtelijke vervoersconcepten zijn uitgewerkt met daarbij behorende gegevens voor vervoerscapaciteiten, de lengte van het net, de benodigde terminals en het aantal voertuigen.

2. NEA/DHV studie waarin de goederenvervoersprognoses voor 2010 en 2020 zijn uitgewerkt op basis van het CBP-scenario European Co-ordination en waarin de mogelijkheden voor ondergronds goederentransport zijn berekend. De uitgangspunten voor de ontwikkeling van het binnenlandse goederentransport zijn afgeleid van de rapportage van NEA/DHV, “Referentiekader Vervoer Ondergronds Transport, (R970234\12585), NEA/DHV, maart 1998”

3. In het Kader van de Stuurgroep Ondergrondse Vervoers Infrastructuur (SOVI) is, door K.H. Dekker, een model voor de integrale afweging van ondergrondse en bovengrondse infrastructuur ontwikkeld. Dit model is in het kader van het Centrum Ondergronds Bouwen (COB), door TNO verder ontwikkeld tot een quickscan model voor de integrale afweging van ondergrondse en bovengrondse infrastructuur (SOVI 1992, COB 1997). Dit model is als startpunt gebruikt voor de opzet van het afwegingsmodel.

4. De ruimtelijke concepten voor de ondergrondse oplossingen met de daarbij behorende kwantitatieve gegevens zijn als invoer gebruikt bij de berekeningen van de kosten en baten van deze oplossingen in (7), (11) en (14)

5. De prognoses voor het goederenvervoer, uitgewerkt in de NEA/DHV-studie voor de periode tot 2020, zijn geschikt gemaakt voor de berekeningen in het integrale afwegingsmodel.

6. In het kader van het COB is een aantal studies gericht op de integrale afweging van ondergrondse versus bovengrondse lijninfrastructuur. (N400 serie). De methoden die zijn toegelicht in drie recent verschenen rapporten bij de CUR/COB (N410, N420 en N430) zijn gebruikt bij het integraal afwegingsmodel.

7. Rekenmodel voor het doorrekenen van de investeringen en de exploitatiekosten van de in (4) beschreven ruimtelijke concepten. In het rekenmodel is een vergelijking gemaakt met een evenredige verkeersstroom aan goederen op een bovengrondse weginfrastructuur.

[24] studie TRAIL, 1998, Ruimtelijke concepten ondergronds transport, TRAIL Onderzoeksschool Delft, J.S.G.N Visser, A.J.M. Vermunt, A.J. van Binsbergen, maart 1998

8. Een globaal verkeers- en vervoermodel, voor deze studie door TNO ontwikkeld, waarin alle binnenlandse verkeersstromen voor personen-autoverkeer en goederentransport over de weg zijn opgenomen met een vooruitberekening naar 2020. Dit op basis van het scenario European Co-ordination

	Gekozen scenario	**2**	**1995-2000**	**2000-2005**	**2005-2010**	**2010-2015**	**2015-2020**
	Perioden	Alg	1	2	3	4	5
1	Toename GNP		2.70%	2.70%	2.70%	2.70%	2.70%
2	Groei bevolking		0.80%	0.80%	0.80%	0.50%	0.25%
3	Groei auto-personenvervoer/jaar		1.50%	1.50%	1.50%	1.50%	1.50%
7	Groei goederenvervoer/jaar in tonnage		2.68%	2.68%	2.68%	2.91%	2.91%
8	Groei goederenvervoer/jaar in tkm		2.79%	2.79%	2.79%	2.99%	2.99%
9	Groei goederenvervoer spoor		3.70%	3.70%	3.70%	3.70%	3.70%
10	Reële energieprijsstijging per jaar		1.50%	1.50%	1.50%	1.50%	1.50%
11	Benzine per liter	1.92	1.50%	1.50%	1.50%	1.50%	1.50%
12	Diesel per liter	1.33	1.50%	1.50%	1.50%	1.50%	1.50%

Tabel 7 Scenario Europese Coördinatie

In onderstaande tabel is deze vervoersprestatie aangegeven zoals berekend over de periode tot 2020. Voor de personenauto's zijn voertuigkilometers aangegeven. Voor het vrachtverkeer is in deze studie de eenheid tonkilometers gebruikt Daarnaast zijn ter vergelijking ook de voertuigkilometers van het vrachtverkeer weergegeven.

		1995	1995-2000	2000-2005	2005-2010	2010-2015	2015-2020	2020
Personenauto's	mrd vtgkm	86,5	89,7	96,7	104,1	112,2	120,9	125,4
Vrachtverkeer totaal	mrd vtgkm	15,3	16,4	18,8	21,6	25,1	29,0	31,3
Vrachtverkeer interlokaal	mrd tonkm	24,4	26,1	30,0	34,4	39,9	46,2	49,8
Vrachtverkeer lokaal	mrd tonkm	2,7	2,9	3,3	3,8	4,4	5,1	5,5

Tabel 8 Vervoersprestaties in voertuigkilometers resp. tonkilometers

9. De CBS gegevens uit de serie "Tijdreeksen voor verkeer en vervoer 1997" zijn gebruikt en ten behoeve van de studie bewerkt en geschikt gemaakt als invoer in het rekenmodel, zie (12). Het betreft zeer veel gegevens van het wegverkeer over de periode 1980 - 1996

10. De eerste resultaten van de kosten/baten-berekeningen zijn in de studie gebruikt om de afzonderlijke prestaties van de ontwikkelde ruimtelijke concepten meetbaar te maken en de meest kansrijke ervan verder te onderzoeken. In deze fase is nog geen relatie gelegd naar het effect op de totale vervoersbewegingen.

11. Het globale rekenmodel, waarin ook de andere vervoersstromen (personenauto's en het overblijvende vrachtverkeer) zijn opgenomen is in eerste instantie gebruikt om te verkennen wat andere maatregelen, zoals filebestrijding, rekening rijden en voertuiggeleiding voor effecten kunnen hebben op de huidige en toekomstige verkeersproblematiek.
De in (7) en (10) berekende kosten en baten van de ondergrondse vervoersconcepten zijn daarbij in (13) vergeleken met de uitkomsten in het globale rekenmodel.
Na dit vooronderzoek is een uitgebreider simulatiemodel (14) opgesteld waarin alle

eerdere berekeningen zijn gecombineerd en verfijnd.

12. Datamodel waarin de gegevens van het CBS “Tijdreeksen voor verkeer en vervoer 1997” zijn bewerkt en rechtstreeks zijn gekoppeld aan het simulatiemodel.

13. De synchronisatie van de uitkomsten heeft ertoe geleid dat dezelfde mate van detaillering voor de berekening van investeringen en exploitatiekosten is opgenomen in het algemene simulatiemodel. (14) Daarna is met dit model verder gewerkt.

14. Simulatiemodel voor integrale afweging van alternatieve vervoersconcepten waarbij ook de andere verkeers- en vervoersstromen zijn opgenomen.

15. Uitgangspunt voor alle vergelijkingen is een referentie-situatie waarin de groei van het verkeer in beeld is gebracht in de periode 1995 – 2020 zonder flankerend beleid zoals bij (19) en zonder innovatieve ondergrondse oplossingen voor het goederentransport. Daarbij is in deze referentie-situatie wel de aanleg van extra weginfrastructuur opgenomen voor dat deel van het wegennet waar onvoldoende capaciteit is om de groei op te vangen. Ten behoeve van de kwantificering hiervan is uitgegaan van het wegennet dat zich in de randstad bevindt. Deze aanname komt het meest overeen met het trendbeleid.

uitbreiding wegen in Randstad als % groei verkeer

Soort wegen	% uitbreiding van % groei
Bebouwde kom (doorgaand)	80%
Buiten bebouwde kom	50%
Quartaire wegen	50%
Tertiaire. wegen	50%
Secundaire. wegen	50%
Rijkswegen	80%
snelwegen	80%

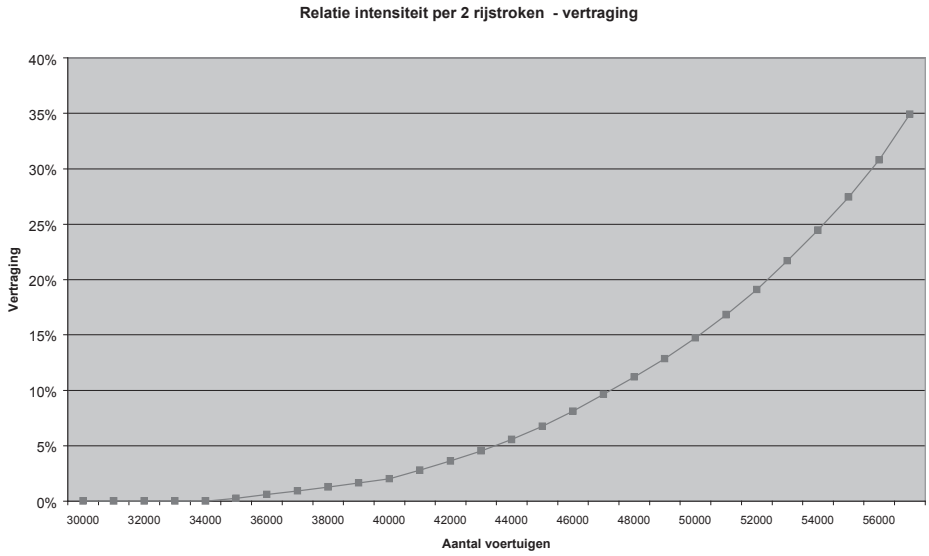
16. De vervoersconcepten zoals in beschreven in hoofdstuk 3 zijn gesplitst in een aantal ruimtelijke concepten en enkele concepten voor flankerend beleid. In het rekenmodel kan met deze concepten zowel afzonderlijk als gecombineerd worden gerekend.

17. De referentiesituatie zoals beschreven in hoofdstuk 3.3. met de autonome groei tot 2020 is apart doorgerekend. Alle andere varianten zijn hiermee vergeleken, waardoor ook de onderlinge verhouding van de varianten in beeld is gebracht.

18. De ruimtelijke concepten zijn met de kwantitatieve gegevens in het rekenmodel opgenomen op een zodanige wijze dat vergelijking met de referentiesituatie mogelijk is.
    Een solitaire stad: buisleidingen transport voor stukgoederen in een van de steden in de Randstad
    Randstad^{++}: buisleidingen transport voor stukgoederen binnen en tussen de vier grote steden in de Randstad en van en naar productie- en distributiecentra
    Nationaal Netwerk (14 knopen): buisleiding transport voor stukgoederen binnen en tussen een nationaal netwerk met 14 stedelijke knooppunten en van en naar productie- en distributiecentra aansluitend op het internationaal vervoer.
    Nationaal Netwerk $^{++}$: een meer uitgebreid netwerk voor de stedelijke knooppunten, waarbij de maximale potentie voor ondergronds stukgoederenvervoer is meegenomen.

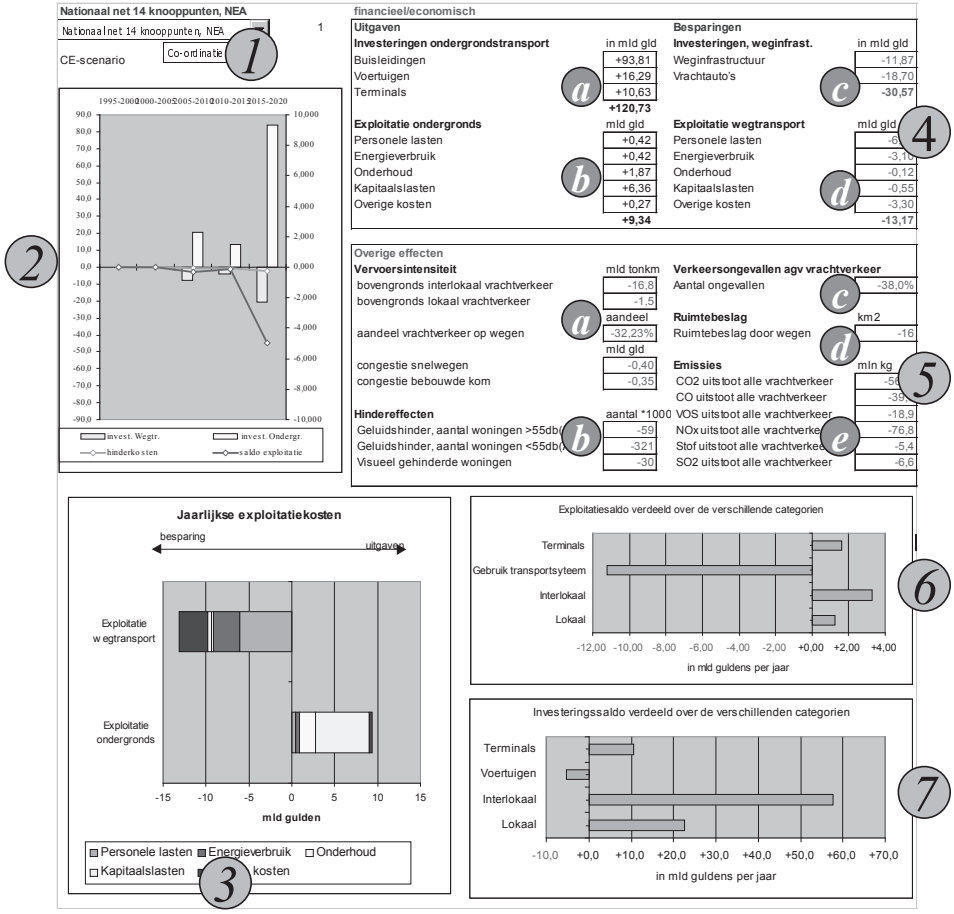
19. Maatregelen ter bestrijding van de congestie zijn als apart alternatief in het rekenmodel opgenomen.
    Beleid Verkeer en Waterstaat (Nul^{+} *-variant)*: het beleid van Verkeer & Waterstaat gericht op:
    - de spreiding van woon- werkverkeer door een andere werkweek indeling,
    - toepassing van elektronische geleiding op een deel van de snelwegen
    - het instellen van rekeningrijden rond een aantal steden in de randstad.

Voor de berekeningen van het effect op congestie en filevorming is een vereenvoudigd rekenmodel opgesteld dat de relatie tussen verkeersintensiteit en reistijdvertraging benadert. Daarbij zijn de relaties berekend tussen de verkeersintensiteit, de onderlinge afstand tussen de voertuigen en de gemiddelde voertuigsnelheid.
De onderstaande grafiek laat zien dat er bij een toenemende intensiteit sprake is van een meer dan evenredige toename van de reistijdvertraging.



20. De resultaten zijn op verschillende manieren in het rekenmodel weergegeven. Het gaat daarbij steeds om een vergelijking van de onderzochte varianten t.o.v. de referentie-situatie. De absolute waarden in de referentiesituatie zijn het resultaat van berekeningen waarin nog veel onzekerheden een rol spelen. Derhalve moeten deze uitkomsten vooralsnog met grote voorzichtigheid worden gehanteerd.
De uitleg van het resultatenoverzicht is gegeven in bijlage 3

III. Bijlage, toelichting op resulaten, weergegeven in de volgende bijlagen



De bovenstaande figuur bevat het overzicht van de invoer en de uitvoer van het rekenmodel Ondergronds Transport in Buizen (OTB). Met behulp van dit model kunnen een aantal alternatieve vervoersconcepten worden doorgerekend voor drie verschillende economische scenario's.
Deze figuur bevat een aantal componenten (1 t/m 7). Hieronder worden deze componenten toegelicht.

INVOER

Nummer 1
De gebruiker van het model is in staat om in dit onderdeel te kiezen uit een aantal varianten. Ten eerste kan gekozen worden tussen de varianten van transportoplossingen (Randstadnet, Randstadnet ++ etc.). Daarnaast kan hij/zij een keuze maken uit een van de drie scenario's van het Centraal Planbureau, te weten: Verdeeldheid, Competitie en Coordinatie.

UITVOER

Nummer 2
Een overzicht van de investeringskosten in wegtransport en ondergronds transport en exploitatiekosten. De investeringen worden weergegeven in staven corresponderend met de linker y-as. De hinderkosten en het verschil in exploitatiekosten van ondergronds- t.o.v. wegtransport zijn af te lezen in de lijngrafiek die correspondeert met de rechter y-as. Deze bedragen zijn weergegeven voor 1995 tot en met 2005.

Nummer 3
Dit is een overzicht van de besparingen op wegtransport en de uitgaven aan het ondergrondse transport gedurende de exploitatiefase. De uitgaven en exploitatiekosten zijn uitgesplitst naar 5 categorieën.

Nummer 4
Onderdeel 4 bestaat uit financieel/economische resultaten op basis van het gekozen concept (zie nummer 1). Er zijn vier categorieën:
a. Investeringen in ondergronds systeem
b. Exploitatiekosten van ondergronds systeem
c. Besparingen op investeringen in wegtransport
d. Exploitatiekosten van wegtransport

Nummer 5
Aanvullend op de financiële effecten zijn in dit onderdeel de overige effecten geïnventariseerd. Deze effecten zijn onderverdeeld in vijf categorieën.
a. Afname van verkeersintensiteit en -congestie als gevolg van het gekozen concept.
b. Hindereffecten (geluids en visueel) als gevolg van het gekozen concept.
c. Afname aantal ongevallen als gevolg van het gekozen concept.
d. Besparing op bovengronds ruimtebeslag als gevolg van het gekozen concept.
e. Afname van emissies (CO2, CO, VOS, Nox, stof en SO2) als gevolg van het gekozen concept.

Nummer 6
De exploitatiesaldo visueel weergegeven en uitgesplitst naar vier items: lokaal, interlokaal, terminals en gebruik transportsysteem.

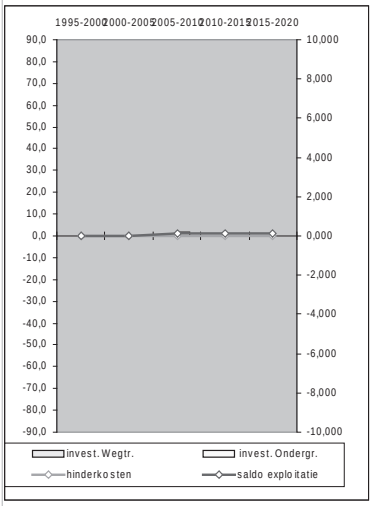
Nummer 7
De investeringssaldo visueel weergegeven en uitgesplitst naar vier items: lokaal, interlokaal, terminals en voertuigen.

IV. Bijlage, Solitaire stad

B4, solitaire stad, 2020

B4, solitaire stad, 2020 — 1

CE-scenario: Co-ordinatie

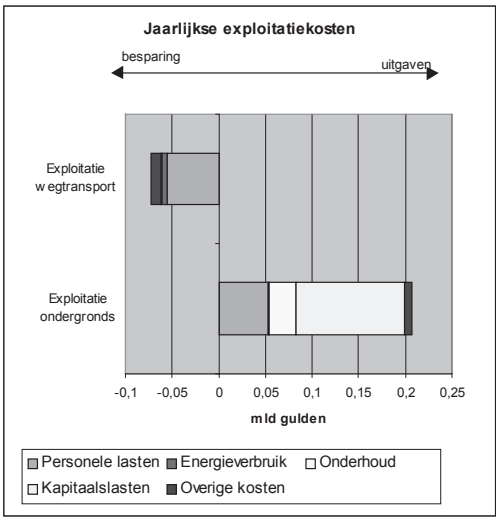


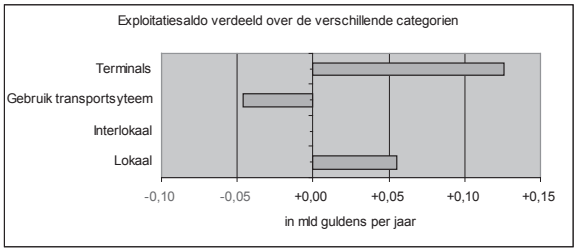
financieel/economisch

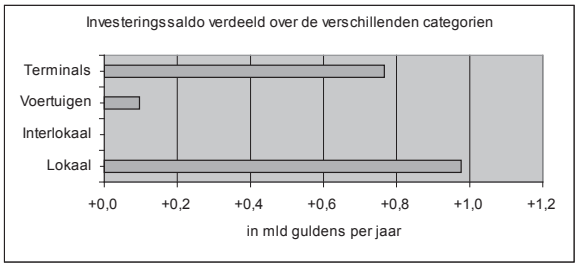
Uitgaven		Besparingen	
Investeringen ondergrondstransport	in mld gld	**Investeringen, weginfrast.**	in mld gld
Buisleidingen	+1,01	Weginfrastructuur	-0,03
Voertuigen	+0,04	Vrachtauto's	-0,05
Terminals	+0,77		**-0,08**
	+1,82		
Exploitatie ondergronds	mld gld	**Exploitatie wegtransport**	mld gld
Personele lasten	+0,05	Personele lasten	-0,06
Energieverbruik	+0,00	Energieverbruik	-0,00
Onderhoud	+0,03	Onderhoud	-0,00
Kapitaalslasten	+0,12	Kapitaalslasten	-0,00
Overige kosten	+0,01	Overige kosten	-0,01
	+0,21		**-0,07**

Overige effecten

Vervoersintensiteit	mld tonkm	**Verkeersongevallen agv vrachtverkeer**	
bovengronds interlokaal vrachtverkeer	pm	Aantal ongevallen	-0,1%
bovengronds lokaal vrachtverkeer	-0,0		
	aandeel	**Ruimtebeslag**	km2
aandeel vrachtverkeer op wegen	-0,04%	Ruimtebeslag door wegen	-0
	mld gld		
congestie snelwegen	-0,00	**Emissies**	mln kg
congestie bebouwde kom	-0,01	CO2 uitstoot alle vrachtverkeer	-2
		CO uitstoot alle vrachtverkeer	-0,1
Hindereffecten	aantal *1000	VOS uitstoot alle vrachtverkeer	-0,0
Geluidshinder, aantal woningen >55db(A)	-1	NOx uitstoot alle vrachtverkeer	-0,1
Geluidshinder, aantal woningen <55db(A)	-4	Stof uitstoot alle vrachtverkeer	-0,0
Visueel gehinderde woningen	-1	SO2 uitstoot alle vrachtverkeer	-0,0





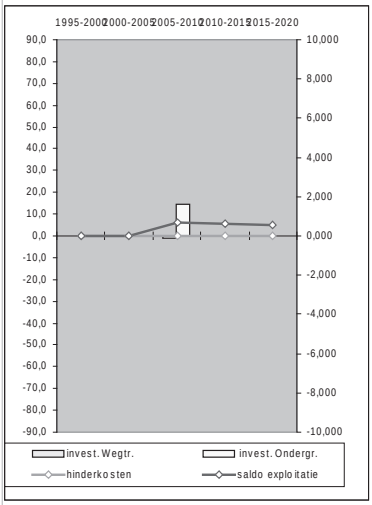


V. Bijlage, Randstadnet

B5, 4R.steden gekoppeld, 2020

B5, 4R.steden gekoppeld, 2020 — 1

CE-scenario: Co-ordinatie

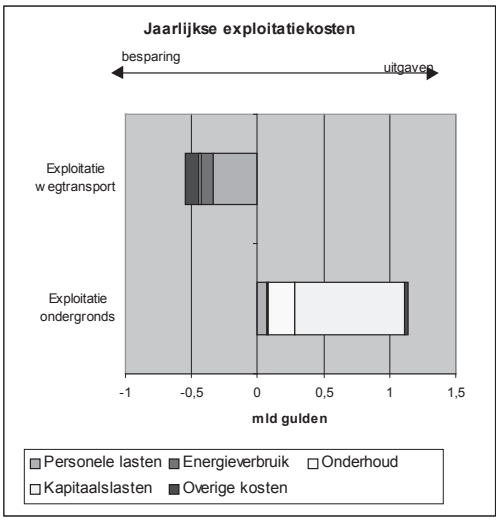


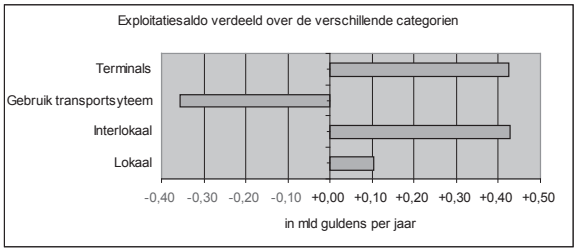
financieel/economisch

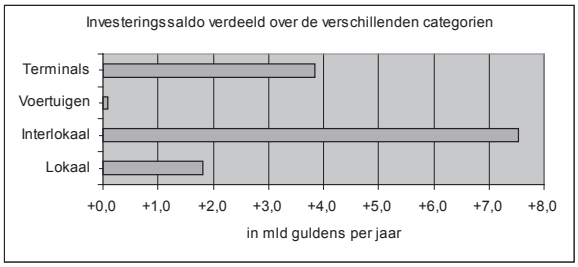
Uitgaven		Besparingen	
Investeringen ondergrondstransport	in mld gld	**Investeringen, weginfrast.**	in mld gld
Buisleidingen	+9,75	Weginfrastructuur	-0,39
Voertuigen	+0,99	Vrachtauto's	-0,89
Terminals	+3,84		**-1,28**
	+14,58		
Exploitatie ondergronds	mld gld	**Exploitatie wegtransport**	mld gld
Personele lasten	+0,07	Personele lasten	-0,34
Energieverbruik	+0,02	Energieverbruik	-0,09
Onderhoud	+0,20	Onderhoud	-0,00
Kapitaalslasten	+0,83	Kapitaalslasten	-0,02
Overige kosten	+0,03	Overige kosten	-0,10
	+1,14		**-0,54**

Overige effecten

Vervoersintensiteit	mld tonkm	**Verkeersongevallen agv vrachtverkeer**	
bovengronds interlokaal vrachtverkeer	-0,4	Aantal ongevallen	-1,0%
bovengronds lokaal vrachtverkeer	-0,1		
	aandeel	**Ruimtebeslag**	km2
aandeel vrachtverkeer op wegen	-0,76%	Ruimtebeslag door wegen	-1
	mld gld		
congestie snelwegen	-0,04	**Emissies**	mln kg
congestie bebouwde kom	-0,03	CO2 uitstoot alle vrachtverkeer	-126
		CO uitstoot alle vrachtverkeer	-1,0
Hindereffecten	aantal *1000	VOS uitstoot alle vrachtverkeer	-0,5
Geluidshinder, aantal woningen >55db(A)	-5	NOx uitstoot alle vrachtverkeer	-2,0
Geluidshinder, aantal woningen <55db(A)	-24	Stof uitstoot alle vrachtverkeer	-0,1
Visueel gehinderde woningen	-3	SO2 uitstoot alle vrachtverkeer	-0,2





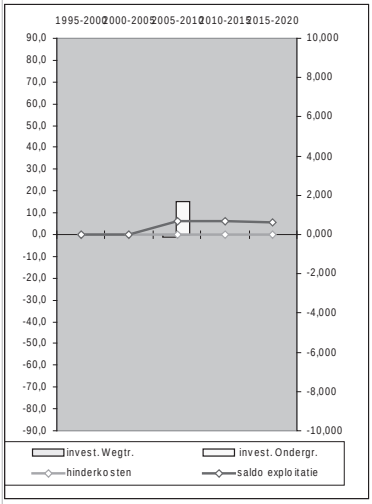


VI. Bijlage,Randstadnet++

B7, 4Rsteden + +, 2020

B7, 4Rsteden + +, 2020 | 1

CE-scenario | Co-ordinatie

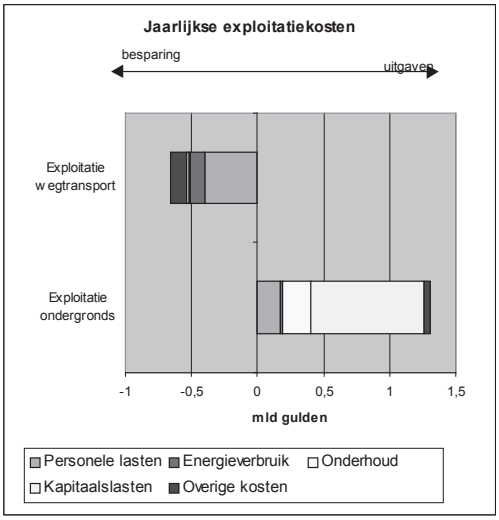


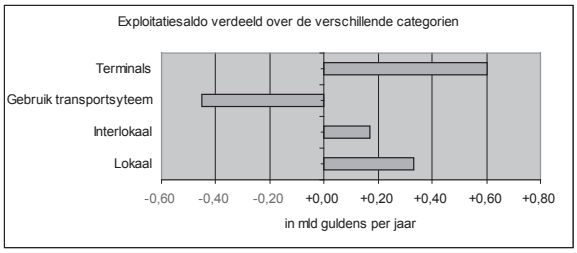
financieel/economisch

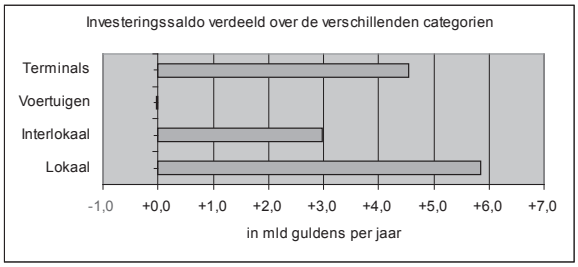
Uitgaven		**Besparingen**	
Investeringen ondergrondstransport	in mld gld	**Investeringen, weginfrast.**	in mld gld
Buisleidingen	+9,29	Weginfrastructuur	-0,47
Voertuigen	+1,04	Vrachtauto's	-1,07
Terminals	+4,54		**-1,55**
	+14,87		
Exploitatie ondergronds	mld gld	**Exploitatie wegtransport**	mld gld
Personele lasten	+0,17	Personele lasten	-0,40
Energieverbruik	+0,02	Energieverbruik	-0,11
Onderhoud	+0,21	Onderhoud	-0,00
Kapitaalslasten	+0,86	Kapitaalslasten	-0,02
Overige kosten	+0,04	Overige kosten	-0,11
	+1,30		**-0,66**

Overige effecten

Vervoersintensiteit	mld tonkm	**Verkeersongevallen agv vrachtverkeer**	
bovengronds interlokaal vrachtverkeer	-0,5	Aantal ongevallen	-1,2%
bovengronds lokaal vrachtverkeer	-0,2		
	aandeel	**Ruimtebeslag**	km2
aandeel vrachtverkeer op wegen	-0,91%	Ruimtebeslag door wegen	-1
	mld gld		
congestie snelwegen	-0,05	**Emissies**	mln kg
congestie bebouwde kom	-0,03	CO2 uitstoot alle vrachtverkeer	-151
		CO uitstoot alle vrachtverkeer	-1,2
Hindereffecten	aantal *1000	VOS uitstoot alle vrachtverkeer	-0,6
Geluidshinder, aantal woningen >55db(A)	-6	NOx uitstoot alle vrachtverkeer	-2,4
Geluidshinder, aantal woningen <55db(A)	-24	Stof uitstoot alle vrachtverkeer	-0,2
Visueel gehinderde woningen	-3	SO2 uitstoot alle vrachtverkeer	-0,2





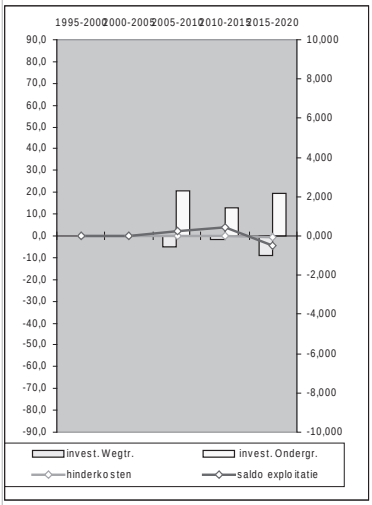


VII. Bijlage, Nationaal Netwerk, 14 knooppunten

Nationaal net 14 knooppunten, 2020

Nationaa net 14 noo unten, 2020 — 1

CE-scenario: Co-ordinatie

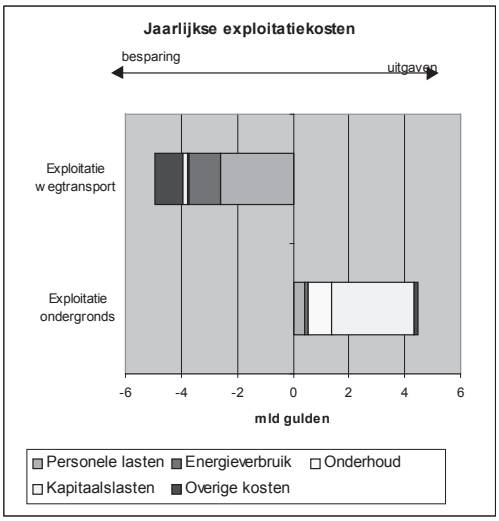


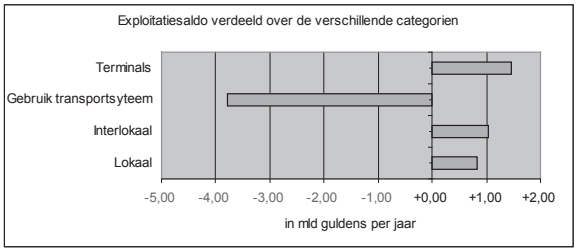
financieel/economisch

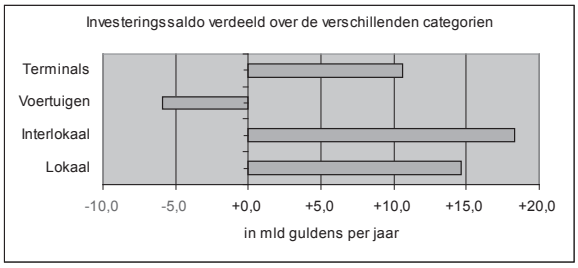
Uitgaven		Besparingen	
Investeringen ondergrondstransport	in mld gld	**Investeringen, weginfrast.**	in mld gld
Buisleidingen	+37,33	Weginfrastructuur	-4,40
Voertuigen	+7,54	Vrachtauto's	-11,03
Terminals	+10,63		**-15,44**
	+55,49		
Exploitatie ondergronds	mld gld	**Exploitatie wegtransport**	mld gld
Personele lasten	+0,42	Personele lasten	-2,58
Energieverbruik	+0,15	Energieverbruik	-1,14
Onderhoud	+0,81	Onderhoud	-0,04
Kapitaalslasten	+2,98	Kapitaalslasten	-0,20
Overige kosten	+0,14	Overige kosten	-1,00
	+4,49		**-4,96**

Overige effecten

Vervoersintensiteit	mld tonkm	**Verkeersongevallen agv vrachtverkeer**	
bovengronds interlokaal vrachtverkeer	-5,9	Aantal ongevallen	-12,1%
bovengronds lokaal vrachtverkeer	-0,7		
	aandeel	**Ruimtebeslag**	km2
aandeel vrachtverkeer op wegen	-9,60%	Ruimtebeslag door wegen	-6
	mld gld		
congestie snelwegen	-0,18	**Emissies**	mln kg
congestie bebouwde kom	-0,16	CO2 uitstoot alle vrachtverkeer	-1756
		CO uitstoot alle vrachtverkeer	-12,5
Hindereffecten	aantal *1000	VOS uitstoot alle vrachtverkeer	-6,0
Geluidshinder, aantal woningen >55db(A)	-27	NOx uitstoot alle vrachtverkeer	-24,3
Geluidshinder, aantal woningen <55db(A)	-140	Stof uitstoot alle vrachtverkeer	-1,7
Visueel gehinderde woningen	-14	SO2 uitstoot alle vrachtverkeer	-2,1





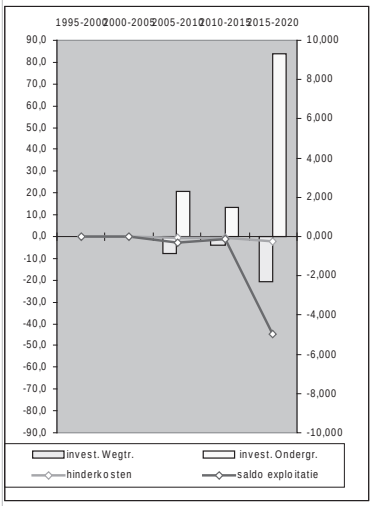


VIII. Bijlage, Nationaal Netwerk, 14 knooppunten, maximale vervoersprestatie

Nationaal net 14 knooppunten, NEA

Nationaal net 14 knooppunten, NEA — 1

CE-scenario: Co-ordinatie

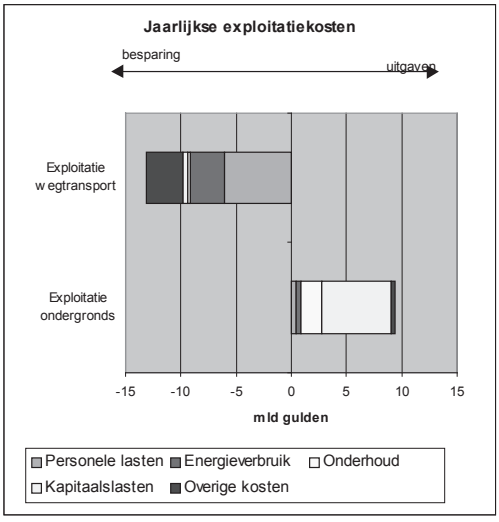


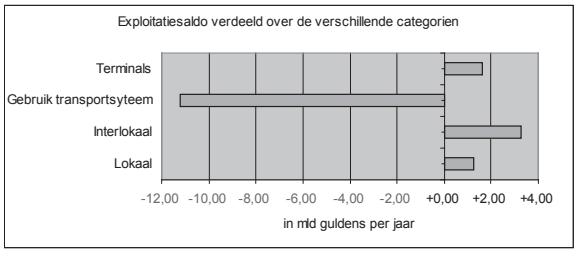
financieel/economisch

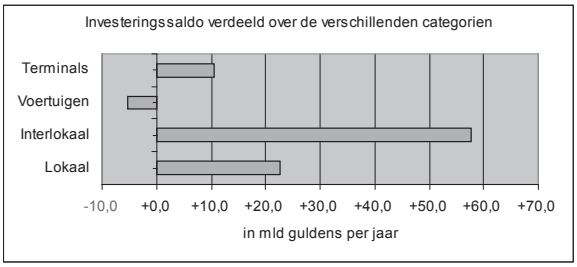
Uitgaven		Besparingen	
Investeringen ondergrondstransport	in mld gld	**Investeringen, weginfrast.**	in mld gld
Buisleidingen	+93,81	Weginfrastructuur	-11,87
Voertuigen	+16,29	Vrachtauto's	-18,70
Terminals	+10,63		**-30,57**
	+120,73		
Exploitatie ondergronds	mld gld	**Exploitatie wegtransport**	mld gld
Personele lasten	+0,42	Personele lasten	-6,10
Energieverbruik	+0,42	Energieverbruik	-3,10
Onderhoud	+1,87	Onderhoud	-0,12
Kapitaalslasten	+6,36	Kapitaalslasten	-0,55
Overige kosten	+0,27	Overige kosten	-3,30
	+9,34		**-13,17**

Overige effecten

Vervoersintensiteit	mld tonkm	**Verkeersongevallen agv vrachtverkeer**	
bovengronds interlokaal vrachtverkeer	-16,8	Aantal ongevallen	-38,0%
bovengronds lokaal vrachtverkeer	-1,5		
	aandeel	**Ruimtebeslag**	km2
aandeel vrachtverkeer op wegen	-32,23%	Ruimtebeslag door wegen	-16
	mld gld		
congestie snelwegen	-0,40	**Emissies**	mln kg
congestie bebouwde kom	-0,35	CO2 uitstoot alle vrachtverkeer	-5681
		CO uitstoot alle vrachtverkeer	-39,6
Hindereffecten	aantal *1000	VOS uitstoot alle vrachtverkeer	-18,9
Geluidshinder, aantal woningen >55db(A)	-59	NOx uitstoot alle vrachtverkeer	-76,8
Geluidshinder, aantal woningen <55db(A)	-321	Stof uitstoot alle vrachtverkeer	-5,4
Visueel gehinderde woningen	-30	SO2 uitstoot alle vrachtverkeer	-6,6







IX. Bijlage, verkort overzicht resultaten

Omschrijving	Referentie 2020	Dimensie	V&W beleid	Een stad	Randstad	Nederland 14 knopen	Nederland 14 knopen uitgebreid
Vervoersprestaties							
Goederentransport per OLS	0	miljard tonkm	0,0	0,03	0,65	6,67	21,0
Goederentransport per wegvervoer	55,3	miljard tonkm	55,3	-0,03	-0,65	-6,67	-18,2
Aandeel vrachtverkeer op wegen	23,0%	percentage	23,0%	23,0%	23,0%	21,0%	14,0%
Buisleidinginfrastructuur							
Buisleidingen binnen bebouwde kom	0	km	n.v.t.	123	735	1.885	2.982
Buisleidingen buiten bebouwde kom	0	km	n.v.t.	0	320	2.144	6.800
Wijkdistributiecentra	0	aantal	n.v.t.	77	592	1.411	1.411
Logistieke Parken	0	aantal	n.v.t.	3	11	24	24
Transportvoertuigen	0	aantal	n.v.t.	9.640	69.384	341.485	894.103
Investerings- en exploitatiekosten							
Investeringskosten OLS	0,0	miljard gulden	n.v.t.	1,9	14,9	55,5	120,7
Investeringskosten wegvervoer	83,9	miljard gulden	1,8	-0,1	-1,6	-15,5	-30,6
Saldo investeringen	83,9	miljard gulden	1,8	1,8	13,3	40,0	90,2
Exploitatiekosten OLS	0,0	miljard gulden p.jr.	n.v.t.	0,2	1,3	4,5	9,3
Exploitatiekosten wegvervoer	42,2	miljard gulden p.jr.	0,09	-0,1	-0,7	-5,0	-13,2
Saldo exploitatiekosten	42,2	miljard gulden p.jr.	0,09	0,14	0,64	-0,47	-3,83
Vermindering congestiekosten	2.290	miljoen gulden	-1.336	-6	-87	-339	-752
Vermindering uitstoot							
- CO2	18,6	miljoen ton	n.b.*	-0,002	-0,2	-1,8	-5,7
- NOx	202,0	miljoen kg	n.b.*	-0,10	-2,4	-24,4	-76,8
- Fijn stof	14,1	miljoen kg	n.b.*	-0,01	-0,2	-1,7	-5,4
- VOS	49,8	miljoen kg	n.b.*	-0,03	-0,6	-6,0	-18,9
Besparing ruimtegebruik voor wegen	pm	hectare	n.v.t.	pm	-60	-600	-1640
Veiligheid (alleen ernstige ongevallen)							
- vermindering gewonden t.o.v. referentie (1995)	3.487	percentage	n.b.*	-0,1%	-1,2%	-12,1%	-38,0%
- vermindering doden t.o.v. referentie (1995)	727	percentage	n.b.*	-0,1%	-1,2%	-12,1%	-38,0%
Vermindering hinder							
- sterke geluidshinder (>55dBa)	0	aantal woningen	n.v.t.	-1.000	-5.300	-27.000	-59.000
- lichte geluidshinder (<55dBa)	0	aantal woningen	n.v.t.	-4.000	-24.300	-140.000	-321.000
- visueel	0	aantal woningen	n.v.t.	-1.000	-2.600	-13.700	-30.000
n.b.* Niet berekend; vervoersprestatie blijft gelijk; door minder congestie zullen deze effecten gunstiger uitvallen.							

X. Bijlage, resultaten uitgebreid

		referentie	verschillen t.o.v. refentie					
	1995	t/m 2020 alleen extra wegen	t/m 2020 beleid V&W	2020 Solitaire stad	t/m 2020 randstad ++	t/m 2020 nationaal (14kn)	t/m 2020 nationaal ++ (14kn)	
ondergronds →				0,03	0,6	6,7	21,0	mld tonkm
blijft bovengronds →			55,3	55,27	54,6	48,6	37,0	mld tonkm
Investeringen, weginfrastructuur								
Investeringen w eginfrastructuur interl	pm	29,45	+1,62	nvt	-0,30	-3,60	-10,20	mld gld
Investeringen w eginfrastructuur lokaa	pm	14,31	nvt	-0,03	-0,18	-0,82	-1,67	mld gld
Investeringen vrachtauto's	pm	40,18	+0,20	-0,05	-1,07	-11,04	-18,70	mld gld
subtotaal		**83,94**	**+1,82**	**-0,08**	**-1,55**	**-15,46**	**-30,56**	
Investeringen ondergrondstransport								
Buis, lokaal	nvt	nvt	nvt	+1,01	+6,03	+15,46	+24,45	mld gld
Buis, interlokaal	nvt	nvt	nvt	nvt	+3,26	+21,87	+69,36	mld gld
Voertuigen	nvt	nvt	nvt	+0,14	+1,04	+7,54	+16,29	mld gld
LSP's	nvt	nvt	nvt	+0,27	+0,99	+2,16	+2,16	mld gld
WDW's	nvt	nvt	nvt	+0,50	+3,55	+8,47	+8,47	mld gld
Pijpleiding	nvt	nvt	nvt	pm	nvt	nvt	nvt	mld gld
subtotaal				**+1,92**	**+14,87**	**+55,49**	**+120,73**	
Exploitatie wegtransport	**1995**	**2020**	**2020**	**2020**	**2020**	**2020**	**2020**	
Personele lasten	10,0	20,5	pm	-0,06	-0,40	-2,58	-6,10	mld gld
Energieverbruik	3,3	9,4	pm	-0,00	-0,11	-1,14	-3,10	mld gld
Overige kosten	4,0	9,9		-0,01	-0,11	-1,00	-3,30	mld gld
Onderhoud nieuw e w egen interlokaal	pm	0,3	-0,02		-0,00	-0,04	-0,10	mld gld
Onderhoud nieuw e w egen lokaal	pm	0,1		-0,00	-0,00	-0,01	-0,02	mld gld
Kapitaalslasten w egen, lokaal	pm	0,7	nvt	-0,00	-0,01	-0,04	-0,08	mld gld
Kapitaalslasten w egen, interlokaal	pm	1,4	-0,08	nvt	-0,01	-0,17	-0,47	mld gld
subtotaal	**17,4**	**42,2**	**-0,09**	**-0,07**	**-0,66**	**-4,96**	**-13,17**	mld gld
Exploitatie ondergronds	**1995**	**2020**	**2020**	**2020**	**2020**	**2020**	**2020**	
Onderhoud buizen	nvt	nvt	nvt	+0,01	+0,09	+0,37	+0,94	mld gld
Onderhoud bouw kundig	nvt	nvt	nvt	+0,01	+0,05	+0,13	+0,13	mld gld
Onderhoud voertuigen	nvt	nvt	nvt	+0,01	+0,06	+0,31	+0,80	mld gld
Energieverbruik	nvt	nvt	nvt	+0,00	+0,02	+0,15	+0,42	mld gld
Personeelslasten	nvt	nvt	nvt	+0,05	+0,17	+0,42	+0,42	mld gld
Overhead	nvt	nvt	nvt	+0,01	+0,04	+0,14	+0,27	mld gld
Kap.lasten bouw kundig	nvt	nvt	nvt	+0,06	+0,33	+0,78	+0,78	mld gld
Kap.lasten civieltechnisch	nvt	nvt	nvt	+0,05	+0,43	+1,74	+4,37	mld gld
Kap.lasten voertuigen	nvt	nvt	nvt	+0,01	+0,09	+0,46	+1,21	mld gld
subtotaal				**+0,21**	**+1,30**	**+4,49**	**+9,34**	
Vervoersintensiteit	**1995**	**2020**	**2020**	**2020**	**2020**	**2020**	**2020**	
bovengronds interlokaal vrachtverkeer	24,4	49,8	nvt		-0,49	-5,94	-19,34	mld tonkm
bovengronds lokaal vrachtverkeer	2,7	5,5	nvt	-0,03	-0,16	-0,72	-1,69	mld tonkm
aandeel vrachtverkeer op w egen	17%	23%	nvt	-0,04%	-0,91%	-9,59%	-32,21%	
congestie snelw egen + verhoogde tonk	1,58	1,7	-1,34	-0,000	-0,05	-0,18	-0,40	mld gld
congestie bebouw de kom	0,53	0,6	nvt	-0,006	-0,03	-0,16	-0,35	mld gld
Emissies	**1995**	**2020**	**2020**	**2020**	**2020**	**2020**	**2020**	
CO2 uitstoot alle vrachtverkeer	9099	18562	nvt	-2	-151	-1757	-5681	mln kg
CO uitstoot alle vrachtverkeer	51,0	104,0	nvt	-0,05	-1,22	-12,54	-39,57	mln kg
VOS uitstoot alle vrachtverkeer	24,4	49,8	nvt	-0,03	-0,58	-6,00	-18,93	mln kg
NOx uitstoot alle vrachtverkeer	99,0	202,0	nvt	-0,10	-2,37	-24,35	-76,82	mln kg
Stof uitstoot alle vrachtverkeer	6,9	14,1	nvt	-0,01	-0,17	-1,70	-5,35	mln kg
SO2 uitstoot alle vrachtverkeer	8,5	17,3	nvt	-0,01	-0,20	-2,09	-6,60	mln kg
Verkeersongevallen a.g.v. vrachtver	**1995**	**2020**	**2020**	**2020**	**2020**	**2020**	**2020**	
opgenomen in ziekenhuis		pm	pm	-0,05%	-1,17%	-12,06%	-38,04%	
dodelijke afloop		pm	pm	-0,05%	-1,17%	-12,06%	-38,04%	
Hindereffecten	**1995**	**2020**	**2020**	**2020**	**2020**	**2020**	**2020**	
Geluidshinder, aantal w oningen >55db(	pm	pm	pm	-1,0	-5	-27	-59	*1000 w oningen
Geluidshinder, aantal w oningen <55db(	pm	pm	pm	-4,0	-24	-140	-321	*1000 w oningen
Visueel gehinderde w oningen, * 1000	pm	pm	pm	-1,0	-3	-14	-30	*1000 w oningen
Ruimtebeslag	pm	pm	pm	pm	-1	-6	-16	km2