



Toekomstverkenning De prijs van een reis

Verkenkende analyse richting 2050



Committed to the Environment

Toekomstverkenning De prijs van een reis

Verkennde analyse richting 2050

Dit rapport is geschreven door: Arno Schroten, Louis Leestemaker, Peter Scholten

Delft, CE Delft, mei 2022

Publicatienummer: 22.200185.074

Verkeer / Vervoer / Infrastructuur / Vervoersmiddelen / Mobiliteit / Scenario's / Toekomst / Economische factoren / Kosten / Baten / Maatschappelijke factoren / Veiligheid / Emissies / Geluid / Gezondheid / Analyse

Opdrachtgever: Planbureau voor de Leefomgeving

Alle openbare publicaties van CE Delft zijn verkrijgbaar via www.ce.nl

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider [Arno Schroten](#) (CE Delft)

© copyright, CE Delft, Delft

CE Delft

Committed to the Environment

CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, ngo's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al meer dan 40 jaar werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.



Inhoud

	Samenvatting	4
1	Inleiding	7
2	Hoofresultaten	9
	2.1 Inleiding	9
	2.2 Resultaten 2030 ten opzichte van 2018	9
	2.3 Doorkijk naar verdere toekomst	25
3	Methodologisch raamwerk	44
	3.1 Inleiding	44
	3.2 Definities van externe en infrastructuurkosten	44
	3.3 Methodologische uitgangspunten	44
4	Ontwikkeling van mobiliteit	48
	4.1 Relevante ontwikkelingen	48
	4.2 Transportgegevens	50
5	Infrastructuurkosten	52
	5.1 Inleiding	52
	5.2 Ontwikkelingen richting 2050	52
	5.3 Luchtvaart	57
	5.4 Resultaten	58
6	Kosten van verkeersongevallen	63
	6.1 Inleiding	63
	6.2 Ontwikkelingen richting 2050	63
	6.3 Waardering richting 2050	67
	6.4 Resultaten	68
7	Kosten van broeikasgasemissies	72
	7.1 Inleiding	72
	7.2 Ontwikkelingen richting 2050	72
	7.3 Resultaten	75
8	Kosten luchtvervuilende emissies	79
	8.1 Inleiding	79
	8.2 Ontwikkelingen richting 2050	79
	8.3 Waardering richting 2050	81
	8.4 Resultaten	84



9	Kosten van emissies van brandstof- en elektriciteitsproductie	88
	9.1 Inleiding	88
	9.2 Ontwikkelingen richting 2050	88
	9.3 Waardering richting 2050	91
	9.4 Resultaten	92
10	Kosten van geluid	96
	10.1 Inleiding	96
	10.2 Ontwikkelingen richting 2050	96
	10.3 Waardering richting 2050	98
	10.4 Resultaten	99
11	Kosten van congestie	103
	11.1 Inleiding	103
	11.2 Ontwikkelingen richting 2050	104
	11.3 Waardering richting 2050	107
	11.4 Resultaten	107
12	Gezondheidsbaten van fietsen	110
	12.1 Inleiding	110
	12.2 Ontwikkelingen richting 2050	110
	12.3 Waardering richting 2050	111
	12.4 Resultaten	111
	Literatuur	112
A	Verkeersgegevens	115
	A.1 Verkeersprestaties	115



Samenvatting

Aanleiding en doel van de studie

In 'De Prijs van een reis - Versie 2022' (CE Delft, 2022) wordt een overzicht gegeven van de externe en infrastructuurkosten van mobiliteit en transport in Nederland in 2018. Externe kosten zijn de kosten die niet gedragen worden door degenen die ze veroorzaken zoals bijvoorbeeld de kosten van emissies, geluid en een deel van de ongevals- en congestie-kosten. Bij infrastructuurkosten gaat het om de kosten van de aanleg, het onderhoud en het beheer van transportinfrastructuur.

In deze studie hebben we verkend hoe deze kosten zich in de toekomst kunnen ontwikkelen, waarbij we specifieke inschattingen hebben gemaakt voor 2030, 2040 en 2050. In deze toekomstverkenning sluiten we, waar mogelijk, aan bij de uitgangspunten van de KEV voor 2030 en de WLO-scenario's voor 2040 en 2050. Hierbij moet wel bedacht worden dat de KEV en vooral de WLO-scenario's tot op zekere hoogte beleidsarm zijn ingevuld. Zo wordt er in de WLO-scenario's aangenomen dat er na 2030 geen nieuwe transportinfrastructuur bijkomt in Nederland. Ook het voorgenomen EU-klimaatbeleid en het Parijse Klimaatakkoord hebben (nog) geen plaats gekregen in deze scenario's. Dit beleidsarme karakter van de toekomstscenario's heeft invloed op de kosteninschattingen.

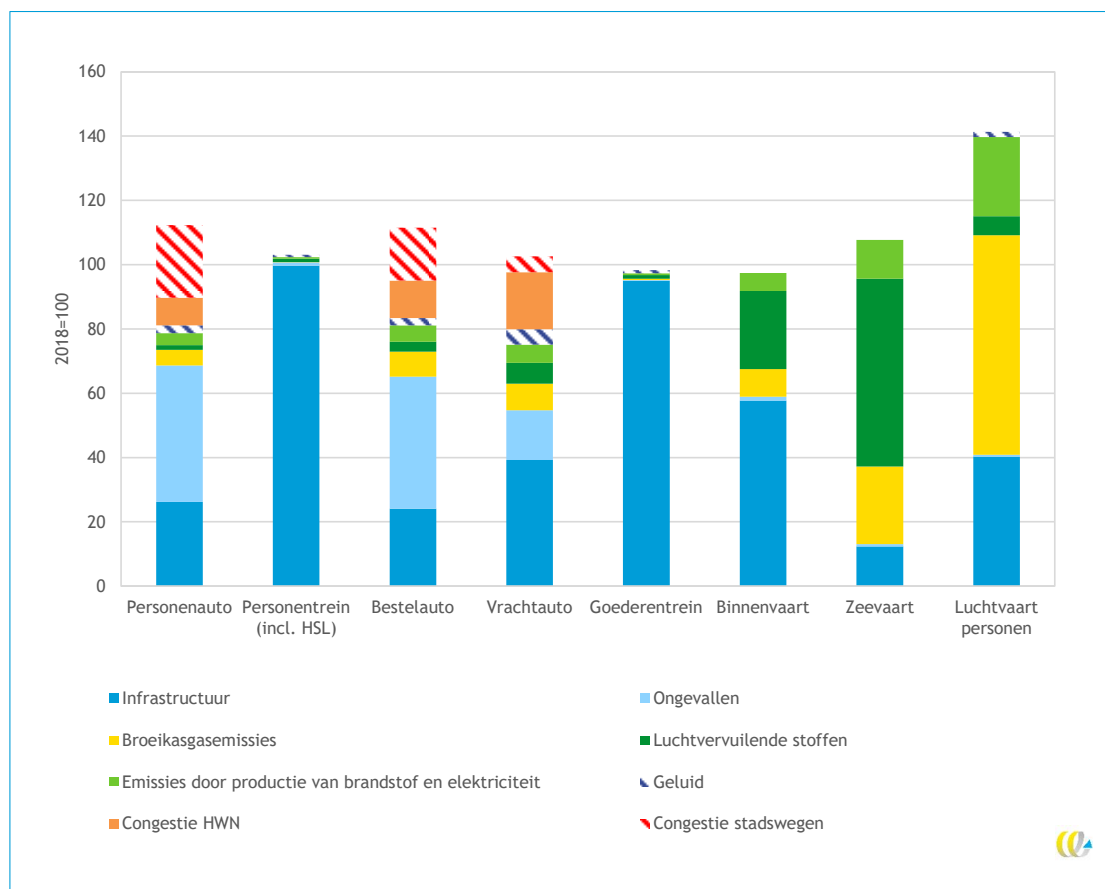
Verkenning externe en infrastructuurkosten in 2030

De totale externe en infrastructuurkosten in 2018 en 2030 zijn voor een selectie van vervoerswijzen¹ weergegeven in Figuur 1. Voor de meeste vervoerswijzen nemen de externe en infrastructuurkosten in de toekomst toe, waarbij de grootste stijging wordt verwacht bij de luchtvaart. De belangrijkste verklaring voor deze stijging is de toename in transportvolumes. Voor alle vervoerswijzen, zoals vermeld in Figuur 1, wordt tussen 2018 en 2030 een volumetoename verwacht, die kan oplopen tot 26% (luchtvaart). Bij luchtvaart nemen ook de kosten per vliegbeweging toe, wat het gevolg is van de stijgende CO₂-prijs richting 2030.

Voor de overige vervoerswijzen (m.u.v. bestelauto's) geldt dat de kosten per kilometer wel dalen. De belangrijkste redenen daarvoor zijn dat de kosten van luchtvervuiling afnemen door een verschoning van de vloot (wegverkeer, binnenvaart, zeevaart) en het feit dat de infrastructuurkosten bij de trein sterk dalen (o.a. door intensiever gebruik van infrastructuur zoals de Betuwe- en de HSL-lijn). Ook de verdergaande elektrificatie van het personen-autopark leidt tot dalende kosten van luchtvervuilende en CO₂-emissies. Tegenover deze kostenreducties staat een toename van de externe kosten van verkeersongevallen. Dit geldt vooral voor het wegverkeer en kan verklaard worden door de verwachte stijging in het aantal ongevallen en daarmee het aantal verkeersslachtoffers (vooral ook zwaargewonden).

¹ In deze studie zijn de externe en infrastructuurkosten voor een brede groep van vervoerswijzen onderzocht. In deze samenvatting presenteren we enkel de resultaten voor een aantal hiervan.

Figuur 1 - Ontwikkeling van infrastructuur- en externe kosten van transport in 2030



* De kosten van broeikasgasemissies zoals hier gepresenteerd voor 2018 en 2030, zijn bepaald met behulp van de CO₂-prijs die aansluit bij WLO-Hoog.

** De uitkomsten voor geluid en stedelijke congestie zijn erg onzeker voor 2030, omdat er geen informatie beschikbaar is voor gedetailleerde berekeningen.

Verkenning externe en infrastructuurkosten tussen 2030 en 2050

Voor de periode na 2030 geldt dat de ontwikkeling in totale externe en infrastructuurkosten sterk afhankelijk is van de verwachte ontwikkeling in transportvolumes. In WLO-Hoog, waar een hoge groei in transportvolumes wordt verondersteld, zie je dat de kosten voor nagenoeg alle vervoerswijzen (sterk) stijgen t.o.v. 2018. In WLO-Laag, waar de groei in transportvolumes beperkt is, zie je een beperkte groei of zelfs een daling van de totale kosten. Een uitzondering op dit patroon zijn de goederentreinen, waarvoor in de periode na 2030 een sterke daling in de totale kosten wordt voorzien. De reden hiervoor is dat de relatief hoge aanlegkosten voor de Betuwelijn tegen die tijd economisch zijn afgeschreven, waardoor de vaste kosten per treinkilometer sterk dalen.

Als we kijken naar de afzonderlijke kostenposten, zien we dat het patroon van 2030 zich grotendeels voortzet. De kosten van luchtvervuilende emissies blijven vooral bij het wegverkeer sterk dalen door verschoning van de vloot, terwijl de kosten van ongevallen verder toenemen.

De klimaatkosten verschillen sterk tussen het WLO-Hoog- en WLO-Laag-scenario: het gevolg van de verschillende CO₂-prijzen die voor beide scenario's worden gehanteerd. In WLO-Hoog, met een hoge CO₂-prijs, nemen de klimaatkosten voor veel vervoerswijzen toe t.o.v. 2018, terwijl ze in WLO-Laag vaak afnemen vanwege een lage CO₂-prijs die dan geldt.

Robuustheid

De schattingen van externe en infrastructuurkosten bevatten onzekerheden, door onzekerheden in de gehanteerde waarderingsmethodieken, de gebruikte data en de gemaakte aannames. Dit geldt des te meer voor de langetermijnverkenningen. Omdat de KEV en vooral de WLO-scenario's beleidsarm van karakter zijn, heeft dit uiteraard invloed op de resultaten van deze studie. Zo leidt de aanname dat er na 2030 geen nieuwe infrastructuur bijkomt, bijvoorbeeld tot een waarschijnlijke onderschatting van de toekomstige infrastructuurkosten, maar mogelijk ook tot een overschatting van de congestiekosten. Bij de toepassing van de resultaten uit deze studie in situaties buiten de KEV- en WLO-context dient dan ook de nodige voorzichtigheid in acht genomen te worden.

1 Inleiding

Doel en afbakening van het onderzoek

In Prijs van een reis (CE Delft, 2022) zijn de externe en infrastructuurkosten van transport in Nederland bepaald voor 2018. In deze rapportage wordt een verkennende analyse uitgevoerd over de ontwikkeling van deze externe en infrastructuurkosten richting 2050. Meer specifiek, we maken een inschatting van deze kosten voor de jaren 2030, 2040 en 2050. Omdat er geen sprake is van een kostenbatenanalyse verdisconteren wij de resultaten voor de verschillende jaren niet. Wel hebben we de adviezen van de Werkgroep Discontoet (Ministerie van Financiën, 2020) overgenomen met betrekking tot relatieve prijzen (zoals reistijdwaardering, ecosysteemdiensten en CO₂-prijzen).

De scope van de berekeningen voor 2018 en deze toekomstverkenning zijn dezelfde. Dat betekent dat:

- Alle modaliteiten waarvoor in CE Delft, (2022) schattingen van de externe en infrastructuurkosten zijn bepaald, zijn ook onderdeel van deze studie. Dit betekent dat we kosteninschattingen voor alle modaliteiten (wegvervoer, spoorvervoer, binnenvaart, zeevaart en luchtvaart) hebben gemaakt en binnen deze modaliteiten vaak ook voor verschillende vervoerswijzen (bijv. personenauto's, bestelauto's, vrachtauto's, etc.).
- We focussen op vervoer wat plaatsvindt binnen de landsgrenzen. Dit betekent dat we ook enkel de externe effecten die binnen de Nederlandse landsgrenzen plaatsvinden meenemen. De enige uitzondering hierop zijn de externe kosten van broeikasgas-emissies, luchtvervuilende emissies, emissies die vrijkomen bij brandstofproductie en ongevallen van de lucht- en zeevaart. Voor deze externe effecten kijken we naar de externe effecten over de gehele reis, waarbij we 50% van de kosten van deze effecten toedelen aan Nederland (de overige 50% wordt toegedeeld aan het land van herkomst/bestemming).
- We kijken naar de externe en infrastructuurkosten van ongevallen, broeikasgasemissies, luchtvervuilende emissies, emissies van brandstof- en elektriciteitsproductie, geluid en congestie. Daarnaast nemen we voor fietsen ook de externe gezondheidsbaten mee.
- We definiëren de congestiekosten als de totale vertragingskosten, omdat deze definitie goed aansluit bij de andere externe kostenposten. Echter let wel, deze congestiekosten zijn gedeeltelijk intern van aard en overschatten in zekere mate de totale externe congestiekosten. Tegelijkertijd konden de vertragingskosten op buitenwegen niet worden ingeschat en bestaan de totale congestiekosten alleen uit de kosten op stedelijke wegen en snelwegen.

De methodologie om externe en infrastructuurkosten te bepalen wordt in detail besproken in CE Delft, (2022) en komt niet uitgebreid aan bod in deze toekomstverkenning. We beperken ons bij elke kostenpost tot een zeer korte toelichting op de gevolgde methodiek. Deze rapportage richt zich echter vooral op de ontwikkelingen die bijdragen aan veranderingen van de externe kosten in de jaren tot 2050 ten opzichte van de kosten in 2018.

Aansluiting op de KEV (2030) en WLO-scenario's (2040/2050)

De uitgangspunten voor deze studie sluiten waar mogelijk aan bij de KEV 2021 voor 2030 en de WLO-scenario's voor 2040 en 2050. Hierbij is gebruikgemaakt van achtergronddata van de KEV en de WLO-scenario's, die beiden zijn aangeleverd door PBL. In de situatie waar informatie niet beschikbaar is vanuit de KEV of de WLO is er gezocht naar andere informatiebronnen. Met name voor 2040 en 2050 is de beschikbaarheid van alternatieve data beperkt, waardoor we voor verschillende kostenposten aannames hebben moeten maken om de kosten te kunnen inschatten. De onzekerheid in de resultaten voor deze jaren is hierdoor uiteraard relatief groot.

De keuze om de externe en infrastructuurkosten voor 2040 en 2050 in te schatten voor de WLO-scenario's, betekent ook dat deze kosten worden bepaald voor een beleidsarme toekomst. De WLO-scenario's zijn immers beleidsarm samengesteld. Dit betekent o.a. dat vergaand klimaatbeleid zoals dat bijvoorbeeld is aangekondigd in het Europese 'Fit for 55' maatregelenpakket geen onderdeel vormt van de WLO-scenario's. Deze veronderstelling heeft uiteraard ook invloed op de verschillende externe kostenposten en moet daarom in acht genomen worden bij interpretatie van de resultaten zoals die in deze studie worden gepresenteerd.

Opbouw van het rapport

Dit rapport is als volgt gestructureerd:

In Hoofdstuk 2 worden de hoofdresultaten van de toekomstverkenning gepresenteerd. In Hoofdstuk 3 bespreken we de methodologische uitgangspunten. De daaropvolgende hoofdstukken gaan dieper op afzonderlijke ontwikkelingen in. We beginnen met het bespreken van de algemene ontwikkelingen van mobiliteit in Hoofdstuk 4. In Hoofdstuk 5 bespreken we de verwachte kosten van infrastructuur.

Hierna volgen de verschillende externe effecten:

- verkeersongevallen (Hoofdstuk 6);
- broeikasgasemissies (Hoofdstuk 7);
- luchtvervuilende emissies (Hoofdstuk 8);
- emissies van brandstof- en elektriciteitsproductie (Hoofdstuk 9);
- geluid (Hoofdstuk 10);
- congestie (Hoofdstuk 11);
- gezondheidsbaten van fietsen (Hoofdstuk 12).

2 Hoofdresultaten

2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk presenteren wij de resultaten voor alle kostenposten per vervoerswijze. Gedetailleerde informatie per kostenpost hebben wij niet in dit hoofdstuk opgenomen; deze informatie kan gevonden worden in de volgende hoofdstukken van dit rapport.

Omdat er grote verschillen zijn in de onzekerheden en aannames tussen de resultaten voor 2030 enerzijds en de resultaten voor 2040 en 2050 anderzijds, hebben wij gekozen om deze resultaten apart te presenteren.

Paragraaf 2.2 geeft een overzicht van de resultaten voor 2018 en 2030. Paragraaf 2.3 geeft een overzicht van de resultaten voor 2018, 2040 en 2050 in de WLO-Hoog en WLO-Laag-scenario's.

2.2 Resultaten 2030 ten opzichte van 2018

2.2.1 Algemeen overzicht van de totale externe en infrastructuurkosten

De totale kosten voor de verschillende vervoerswijzen in 2018 en 2030 zijn weergegeven in Tabel 1. De volgende interessante ontwikkelingen vallen op:

- De totale ongevalskosten nemen sterk toe richting 2030. Dit komt doordat het aantal ongevallen met gewonden toeneemt. Het aantal dodelijke slachtoffers is vrij constant ten opzichte van 2018.
- De kosten van luchtvervuiling voor het wegverkeer nemen sterk af richting 2030. Dit komt hoofdzakelijk door verschoning van het diesel- en benzinepark en een geleidelijke overstap naar zero-emissievoer. Bij treinen, zeevaart, binnenvaart en luchtvaart nemen de kosten van luchtvervuiling minder sterk af of zelfs toe (bij luchtvaart). Dit komt vooral omdat in deze voertuigcategorieën minder verschoning van de vloot wordt verwacht.
- De geluidkosten zijn voor 2030 gelijk verondersteld aan de situatie in 2018. De reden hiervoor is dat er geen data beschikbaar is om de ontwikkelingen die invloed hebben op de hoogte van de geluidkosten te kwantificeren.
- De overige kostenposten zijn redelijk vergelijkbaar met de situatie in 2018.

Een vergelijking tussen de verschillende kostenposten moet met enige voorzichtigheid worden gemaakt. Zo bevatten de congestiekosten ook interne componenten, terwijl voor andere kostenposten alleen de externe kosten zijn gekwantificeerd. Ook zijn er grote verschillen tussen de onzekerheden in de kwantificering van de verschillende kosten. Desondanks geeft een totaaloverzicht een goed beeld van de onderlinge verhoudingen tussen de kostenposten en de belangrijkste verschillen tussen vervoerswijzen.

Tabel 1 - Totale kosten van verschillende vervoerswijzen in 2018 en 2030 per kostenpost (mln. €)

Voertuigtype	Jaar	Infra	Ongevallen	Broeikasgas-emissies ^a	Luchtvervuilende stoffen	Brandstof- en elektriciteitsproductie ^a	Geluid ^b	Congestie		Baten fietsen
								HWN	Stad ^b	
Personenvervoer op Nederlands grondgebied in mln. €										
Personenauto totaal	2018	6.775	10.000	1.234	846	1.097	683	2.218	5.888	-
	2030	7.525	12.211	1.388	417	1.086	683	2.477	6.497	-
Motorfiets	2018	57	314	19	25	18	134	24	50	-
	2030	61	359	32	13	25	134	27	56	-
Bromfiets	2018	122	1.127	13	28	11	411	-	235	-
	2030	194	1.383	14	9,7	10	411	-	263	-
Ov-bus totaal	2018	699	192	28	39	22	75	1,3	176	-
	2030	653	205	2,3	1,5	9,1	30	1,3	183	-
Touringcar	2018	227	26	6,9	10	5,1	7,0	6,7	14	-
	2030	199	27	8,9	4,6	5,7	7,0	7,0	13	-
Fiets	2018	403	3.239	-	-	-	-	-	-	-2.206
	2030	415	5.415	-	-	-	-	-	-	-2.286
Personentrein totaal	2018	3.318	28	2,7	41	63	24	-	-	-
	2030	3.467	35	2,7	39	16	24	-	-	-
Goederenvervoer op Nederlands grondgebied in mln. €										
Bestelauto totaal	2018	1.124	1.649	248	479	186	116	515	768	-
	2030	1.225	2.091	392	159	258	116	595	835	-
Vrachtauto totaal	2018	2.544	887	421	691	343	315	1.036	331	-
	2030	2.575	1.021	538	430	368	315	1.168	354	-
Goederentrein totaal	2018	608	1,2	2,0	21	6,2	5,9	-	-	-
	2030	613	1,6	2,5	7,8	3,5	5,9	-	-	-
Binnenvaart	2018	1.096	19	118	679	89	-	-	-	-
	2030	1.155	24	172	487	111	-	-	-	-
Internationale vervoerswijzen van/naar Nederland in mln. €										
Zeevaart	2018	512	24	688	2.838	424	-	-	-	-
	2030	554	31	1.086	2.618	545	-	-	-	-
Luchtvaart personen	2018	954	11	962	119	427	39	-	-	-
	2030	1.012	14	1.718	148	619	40	-	-	-
Luchtvaart goederen	2018	100	0,65	332	35	147	5,7	-	-	-
	2030	106	0,83	593	43	213	5,1	-	-	-

^a De kosten van broeikasgasemissies zoals hier gepresenteerd voor 2018 en 2030 zijn bepaald met behulp van de CO₂-prijs die aansluit bij WLO-Hoog.

^b De uitkomsten voor deze kostenposten zijn erg onzeker voor 2030 omdat er geen informatie beschikbaar was voor gedetailleerde berekeningen.

2.2.2 Wegverkeer

Personenauto

Tabel 2 geeft de totale externe en infrastructuurkosten voor personenauto's weer. Hierbij valt direct op dat de kosten van dieselauto's sterk afnemen tussen 2018 en 2030, terwijl de kosten van elektrische auto's sterk toenemen. Dit komt omdat het aandeel van dieselvoertuigen in het wagenpark snel daalt, terwijl het aandeel van elektrische auto's juist stijgt. Er wordt ook een lichte stijging van de kosten voor benzineauto's ingeschat. Dit komt omdat er een groei in de verkeersvolumes van benzineauto's is verondersteld. Zoals eerder is uitgelegd nemen de kosten van ongevallen toe, omdat er meer ongevallen met gewonden plaatsvinden in 2030 waarbij personenauto's zijn betrokken.

Tabel 2 - Totale externe en infrastructuurkosten van personenauto's in 2018 en 2030 per kostenpost (mln. €)

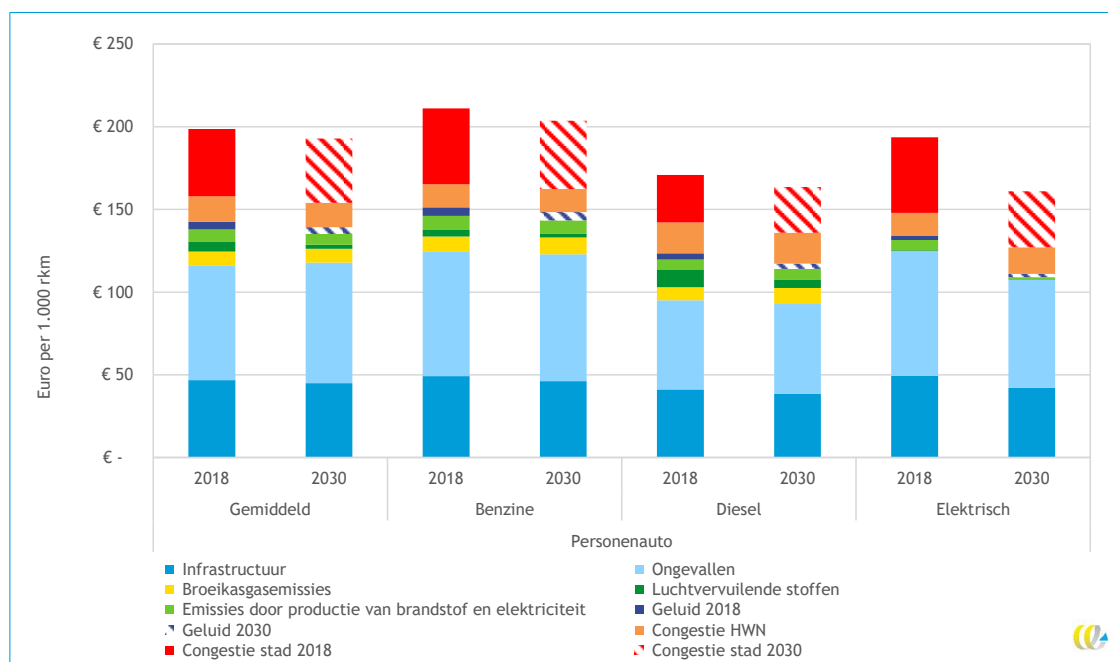
Voertuigtype	Jaar	Infra	Ongevallen	Broeikasgasemissies ^a	Luchtvervuilende stoffen	Brandstof- en elektriciteitsproductie ^a	Geluid ^b	Congestie	
								HWN	Stad ^b
Personenauto totaal	2018	6.775	10.000	1.234	846	1.097	683	2.218	5.888
	2030	7.525	12.211	1.388	417	1.086	683	2.477	6.497
- Benzine	2018	4.796	7.354	875	385	821	508	1.363	4.457
	2030	5.596	9.279	1.219	307	942	545	1.705	4.986
- Diesel	2018	1.679	2.204	321	442	241	154	762	1.175
	2030	392	551	100	52	64	33	189	281
- Elektrisch	2018	39	59	-	0,38	4,9	1,9	11	36
	2030	1.091	1.689	-	8,6	29,2	54	414	876

^a De kosten van broeikasgasemissies zoals hier gepresenteerd voor 2018 en 2030 zijn bepaald met behulp van de CO₂-prijs die aansluit bij WLO-Hoog.

^b De uitkomsten voor deze kostenposten zijn erg onzeker voor 2030 omdat er geen informatie beschikbaar was voor gedetailleerde berekeningen.

Figuur 2 geeft de gemiddelde kosten voor de verschillende typen personenauto's weer. Wanneer alle kostenposten samen worden genomen, dan blijkt dat de gemiddelde kosten voor de meeste personenauto's ongeveer gelijkblijven of licht dalen. Met name de gemiddelde kosten van luchtvervuilende stoffen dalen. De gemiddelde kosten van elektrische auto's dalen, wat voornamelijk door lagere infrastructuur- en congestiekosten komt. In 2018 rijden elektrische auto's, door de beperkingen in bereik, relatief veel kilometers in de stedelijke omgeving. Hier zijn de infrastructuurkosten hoog en is het risico op een ongeval per km groter waardoor er hogere kosten zijn. In 2030 zijn er, door de grotere range van elektrische auto's, minder beperkingen in het gebruik van deze auto's. Hierdoor wordt de wegtypeverdeling vergelijkbaar met andere typen personenauto's. Voor de gemiddelde congestiekosten en infrastructuurkosten speelt de wegtypeverdeling een rol. Zo zijn de kosten van snelwegen per voertuigkilometer relatief laag (omdat ze zeer intensief worden gebruikt) en speelt stedelijke congestie (uiteraard) enkel in de gebouwde omgeving.

Figuur 2 - Gemiddelde externe en infrastructuurkosten van personenauto's in 2018 en 2030 per kostenpost (€ per 1.000 rkm)



Tweewielers

Tabel 3 geeft de totale externe en infrastructuurkosten voor tweewielers weer. Het valt op dat de ongevalskosten van fietsen sterk stijgen en dat de kosten van luchtvervuiling door motor- en bromfietsen sterk dalen. Vooral bij motoren is de verwachting dat er slechts in beperkte mate elektrificatie plaats zal vinden richting 2030, waardoor de toename in de broeikasgasemissies en emissies van brandstofproductie als gevolg van het toegenomen motorgebruik slechts beperkt gecompenseerd worden door de inzet van elektrische motoren. Per saldo nemen deze emissies en daarmee de daaraan gerelateerde externe kosten dan ook toe ten opzichte van 2018. Daarnaast stijgt de waardering van CO₂-emissies ten opzichte van 2018, wat ook leidt tot een stijging van deze kosten. De daling van kosten door luchtvervuilende stoffen komt doordat de emissies van deze stoffen door motor- en bromfietsen naar verwachting dalen.

Tabel 3 - Totale kosten van tweewielers in 2018 en 2030 per kostenpost (mln. €)

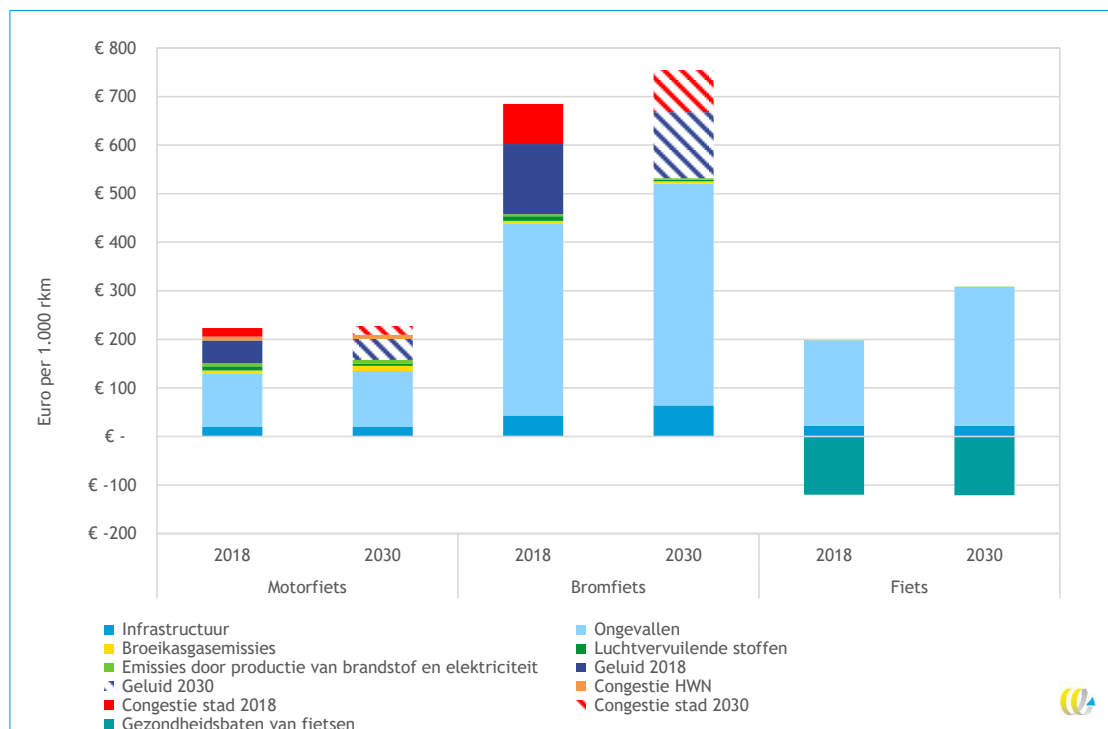
Voertuigtype	Jaar	Infra	Ongevallen	Broeikasgas-emissies ^a	Luchtvervuilende stoffen	Brandstof- en elektriciteitsproductie ^a	Geluid ^b	Congestie		Gezondheidsbaten fietsen
								HWN	Stad ^b	
Motorfiets	2018	57	314	19	25	18	134	24	50	-
	2030	61	359	32	13	25	134	27	56	-
Bromfiets	2018	122	1.127	13	28	11,3	411	-	235	-
	2030	194	1.383	14	9,7	9,8	411	-	263	-
Fiets	2018	403	3.239	-	-	0,45	-	-	-	-2.206
	2030	415	5.415	-	-	0,12	-	-	-	-2.286

^a De kosten van broeikasgasemissies zoals hier gepresenteerd voor 2018 en 2030 zijn bepaald met behulp van de CO₂-prijs die aansluit bij WLO-Hoog.

^b De uitkomsten voor deze kostenposten zijn erg onzeker voor 2030 omdat er geen informatie beschikbaar was voor gedetailleerde berekeningen.

Figuur 3 geeft de gemiddelde kosten van tweewielers weer. Het valt op dat de gemiddelde kosten van bromfietsen relatief hoog zijn. Dit komt voornamelijk door de hoge ongevalskosten van bromfietsen. Bromfietzers zijn namelijk relatief vaak betrokken bij ongevallen met kwetsbare verkeersdeelnemers, zoals fietsers en voetgangers. Richting 2030 neemt het aantal van deze ongevallen, en daarmee ook de externe ongevalskosten voor bromfietsen, toe. Eenzelfde ontwikkeling richting 2030 zien we ook voor fietsers. De stijging van de ongevalskosten betekent dat de totale gemiddelde kosten van fietsen en bromfietsen stijgen ten opzichte van 2018. De totale gemiddelde kosten van motorfietsen blijven ongeveer gelijk.

Figuur 3 - Gemiddelde externe en infrastructuurkosten van tweewielers in 2018 en 2030 per kostenpost (€ per 1.000 rkm)



Ov-bus en touringcar

Tabel 4 geeft de totale externe en infrastructuurkosten van ov-bussen en touringcars weer. Tussen 2018 en 2030 is er een vrijwel volledige overgang van diesel naar elektrische ov-bussen. Deze verschuiving zie je duidelijk terug in de totale kosten: in 2030 zijn er nauwelijks nog externe kosten als gevolg van emissies van broeikasgassen en luchtvervuilende stoffen. Wel blijven er significante emissies van brandstof- en elektriciteitsproductie. Dit komt omdat de elektriciteit nog niet volledig duurzaam wordt opgewekt. Ook deze kosten dalen echter wel ten opzichte van 2018. Voor de touringcars zijn minder grote veranderingen zichtbaar. Het voornaamste verschil met 2018 is dat in 2030, door verschoning van het wagenpark, de emissies van luchtvervuilende stoffen lager zijn.

Tabel 4 - Totale externe en infrastructuurkosten van autobussen in 2018 en 2030 per kostenpost (mln. €)

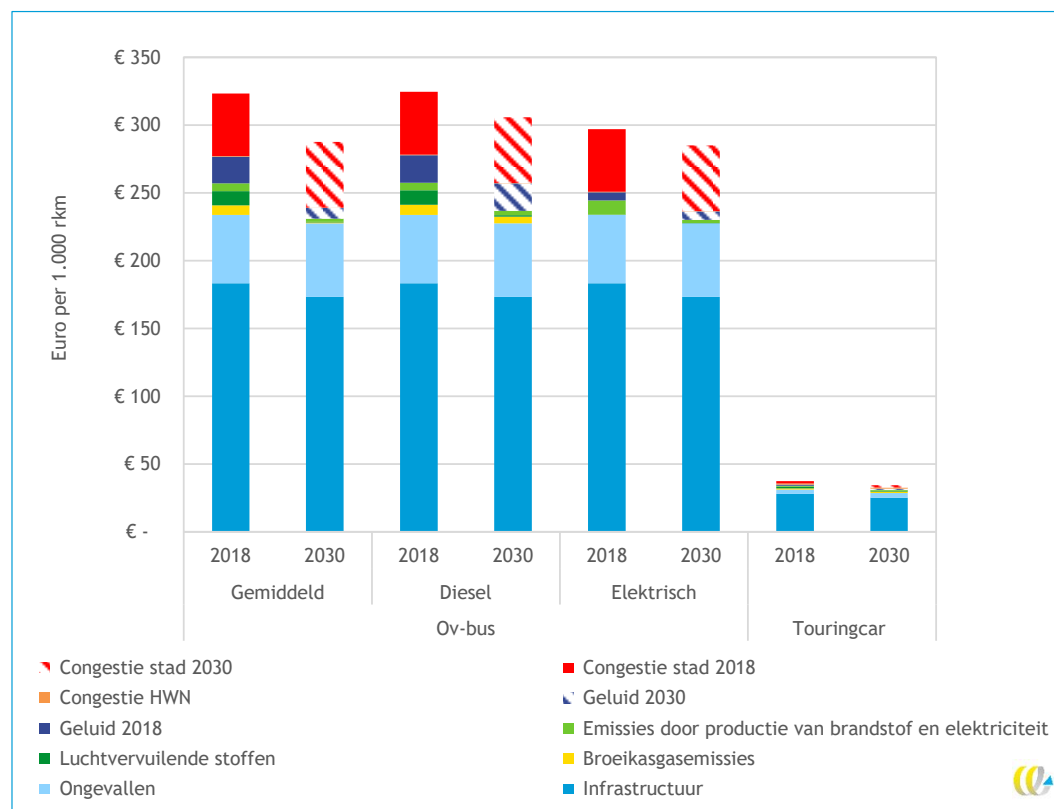
Voertuigtype	Jaar	Infra	Ongevallen	Broeikasgas-emissies ^a	Luchtvervuilende stoffen	Brandstof- en elektriciteitsproductie ^a	Geluid ^b	Congestie	
								HWN	Stad ^b
Ov-bus totaal	2018	699	192	27,5	39	22	75	1,3	176
	2030	653	205	2,3	1,5	9,1	30	1,3	183
- Diesel	2018	671	184	27,5	39	21	74	1,3	169
	2030	82	26	2,3	0,57	1,5	10	0,16	23
- Elektrisch	2018	28	7,6	-	0,048	1,57	0,91	0,053	7,0
	2030	571	179	-	1,0	7,6	20	1,11	160
Touringcar	2018	227	26	6,9	10	5,1	7,0	6,7	14
	2030	199	27	8,9	4,6	5,7	7,0	7,0	13

^a De kosten van broeikasgasemissies zoals hier gepresenteerd voor 2018 en 2030 zijn bepaald met behulp van de CO₂-prijs die aansluit bij WLO-Hoog.

^b De uitkomsten voor deze kostenposten zijn erg onzeker voor 2030 omdat er geen informatie beschikbaar was voor gedetailleerde berekeningen.

Figuur 4 geeft de gemiddelde kosten van ov-bussen en touringcars weer. Deze kosten nemen qua omvang licht af in vergelijking met 2018. De grootste verschillen zijn dat de gemiddelde kosten van broeikasgasemissies, luchtvervuiling en brandstof- en elektriciteitsproductie afnemen. Ook dalen de infrastructuurkosten licht. De ongevalskosten blijven ongeveer gelijk.

Figuur 4 - Gemiddelde kosten van autobussen in 2018 en 2030 per kostenpost (€ per 1.000 rkm)



Bestelauto

Tabel 5 geeft de totale externe en infrastructuurkosten van bestelauto's weer. Het valt op dat de totale kosten van ongevallen, broeikasgassen en brandstof- en elektriciteitsproductie sterk stijgen terwijl de emissies van luchtvervuiling juist sterk dalen. De daling van de luchtvervuilende emissies komt door een significante verschoning van het wagenpark. De stijging van de kosten van broeikasgasemissies en brandstof- en elektriciteitsproductie wordt veroorzaakt door meer voertuigkilometers en hogere CO₂-prijzen in 2030. Voor ongevallen geldt dat bestelauto's vaker betrokken zijn bij ongevallen waardoor de kosten stijgen ten opzichte van 2018.

Tabel 5 - Totale externe en infrastructuurkosten van bestelauto's in 2018 en 2030 per kostenpost (mln. €)

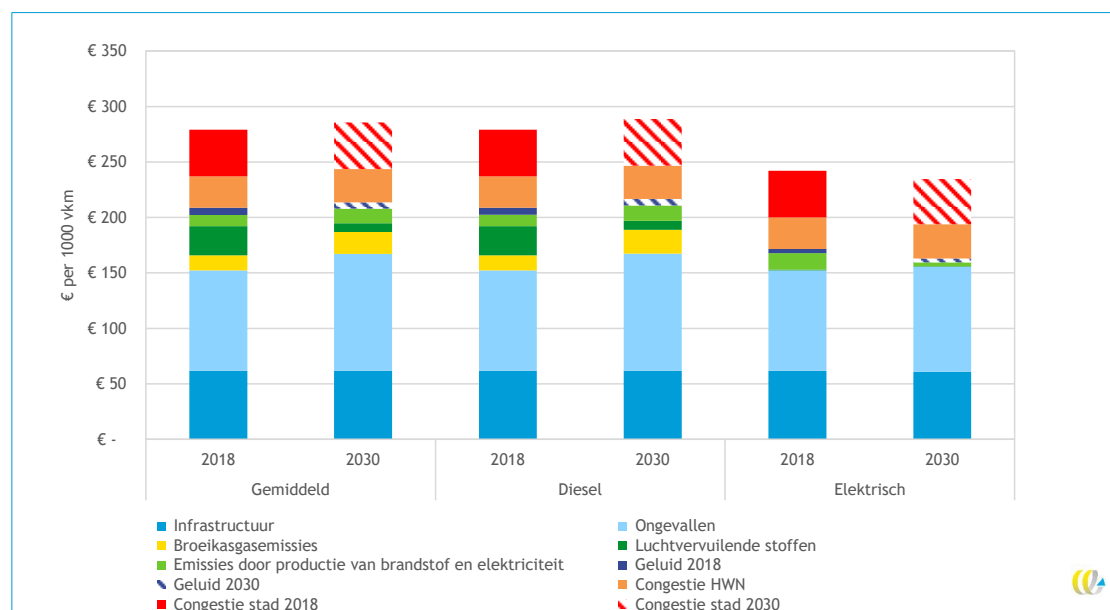
Voertuigtype	Jaar	Infra	Ongevallen	Broeikasgasemissies ^a	Luchtvervuilende stoffen	Brandstof- en elektriciteitsproductie ^a	Geluid ^b	Congestie	
								HWN	Stad ^b
Bestelauto totaal	2018	1.124	1.649	248	479	186	116	515	768
	2030	1.225	2.091	392	159	258	116	595	835
- Diesel	2018	1.123	1.647	248	479	186	116	515	768
	2030	1.132	1.935	392	151	252	107	548	773
- Elektrisch	2018	0,91	1,3	-	0,010	0,22	0,056	0,42	0,62
	2030	93	145	-	0,74	5,2	5,3	47	62

^a De kosten van broeikasgasemissies zoals hier gepresenteerd voor 2018 en 2030 zijn bepaald met behulp van de CO₂-prijs die aansluit bij WLO-Hoog.

^b De uitkomsten voor deze kostenposten zijn erg onzeker voor 2030 omdat er geen informatie beschikbaar was voor gedetailleerde berekeningen.

Figuur 5 geeft de gemiddelde kosten van bestelauto's weer. De gemiddelde kosten van elektrische bestelauto's zijn significant lager in vergelijking met diesel bestelauto's. Dit komt door de lagere kosten van luchtvervuiling, broeikasgasemissies en brandstof- en elektriciteitsproductie. Verder is de stijging van de totale gemiddelde kosten bij zowel diesel- als elektrische bestelauto's het gevolg van de hogere gemiddelde ongevalskosten. De stijging van de gemiddelde kosten van broeikasgasemissies komt door de hogere waardering van CO₂-uitstoot. Het is dus niet het geval dat bestelauto's in 2030 gemiddeld meer CO₂ uitstoten (ze stoten gemiddeld genomen juist minder uit).

Figuur 5 - Gemiddelde externe en infrastructuurkosten van bestelauto's in 2018 en 2030 per kostenpost (€ per 1.000 vkm)



Vrachtauto

Tabel 6 geeft de totale externe en infrastructuurkosten van vrachtauto's weer. Het valt op dat de ongevalskosten, de kosten van broeikasgasemissies en de kosten van brandstof- en elektriciteitsproductie stijgen, terwijl de kosten van luchtvervuiling juist dalen. De daling van de kosten van luchtvervuiling komt door de verschoning van het wagenpark, waardoor de uitstoot van stikstof en fijnstof daalt. Het totale energieverbruik van vrachtwagens daalt licht, doordat de stijging in energie-efficiëntie van nieuwe vrachtauto's de groei in transportvolumes meer dan compenseert. Echter, omdat de waardering van broeikasgasemissies stijgt nemen kosten van broeikasgasemissies en emissies door brandstof- en elektriciteitsproductie toe. Elektrische vrachtauto's waren voor het jaar 2018 niet gekwantificeerd, omdat dit type voertuig nog nauwelijks op de weg reed. In 2030 is het aandeel van elektrische vrachtauto's in de kosten bescheiden.

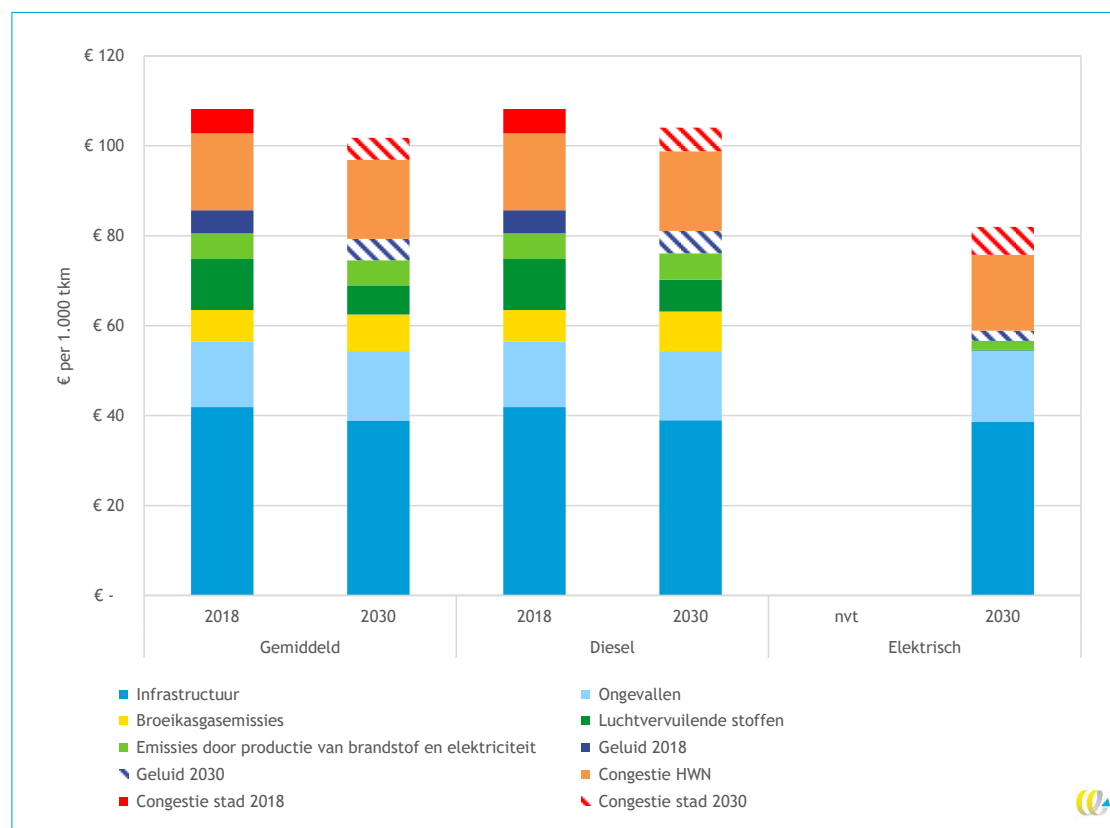
Tabel 6 - Totale externe en infrastructuurkosten van vrachtauto's in 2018 en 2030 per kostenpost (mln. €)

Voertuigtype	Jaar	Infra	Ongevallen	Broeikasgasemissies ^a	Luchtvervuilende stoffen	Brandstof- en elektriciteitsproductie ^a	Geluid ^b	Congestie	
								HWN	Stad ^b
Vrachtauto totaal	2018	2.544	887	421	691	343	315	1.036	331
	2030	2.575	1.021	538	430	368	315	1.168	354
- Diesel	2018	2.544	887	421	691	343	315	1.036	331
	2030	2.371	937	538	429	358	303	1.079	321
- Elektrisch	2018	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.
	2030	204	84	-	1,3	10	12	89	33

* De uitkomsten voor deze kostenposten zijn erg onzeker voor 2030 omdat er geen informatie beschikbaar was voor gedetailleerde berekeningen n.v.t. voor 2018 zijn er geen kosten ingeschat voor elektrische vrachtauto's vanwege het kleine aandeel in transportvolumes.

Figuur 6 geeft de gemiddelde kosten van vrachtauto's weer. Zoals verwacht hebben elektrische vrachtauto's lagere totale gemiddelde kosten dan diesel vrachtauto's. Dit komt doordat elektrische vrachtauto's bijna geen luchtvervuiling veroorzaken (slechts fijnstofproductie door slijtage) en helemaal geen broeikasgassen uitstoten. Ook zijn de gemiddelde externe kosten van de emissies die vrijkomen bij elektriciteitsproductie relatief laag.

Figuur 6 - Gemiddelde externe en infrastructuurkosten van vrachtauto's in 2018 en 2030 per kostenpost (€ per 1.000 tkm)



2.2.3 Spoorvervoer

Personentrein

Tabel 7 geeft de totale externe en infrastructuurkosten van personentreinen weer. Infrastructuurkosten zijn in vergelijking met de overige kostenposten dominant. Dit komt omdat de aanleg van spoor relatief duur is en spoorwegen (in vergelijking met wegen) gemiddeld genomen minder intensief gebruikt worden (in termen van aantal reizigers-kilometer per kilometer infrastructuur). Tegelijkertijd zijn veel van de externe kosten van spoorvervoer relatief laag. Er zijn tussen 2018 en 2030 geen grote veranderingen in de kosten bij de verschillende typen personentreinen zichtbaar. Wel wordt duidelijk dat de groenere elektriciteitsproductie leidt tot lagere kosten van brandstof- en elektriciteitsproductie in 2030 ten opzichte van 2018.

Tabel 7 - Totale externe en infrastructuurkosten personentreinen in 2018 en 2030 per kostenpost (mln. €)

Voertuigtype	Jaar	Infra	Ongevallen	Broeikasgas-emissies ^a	Luchtvervuilende stoffen	Brandstof- en elektriciteitsproductie ^a	Geluid ^b
Personentrein totaal	2018	3.318	28	2,7	41	63	24
	2030	3.467	35	2,7	39	16	24
- HSL	2018	609	0,10	-	0,72	3,4	0,18
	2030	615	0,13	-	0,90	0,83	0,19
- Diesel	2018	211	1,0	2,7	28	2,1	2,4
	2030	177	1,0	2,7	23	1,7	1,9
- Elektrisch	2018	2.498	27	-	12	57	22
	2030	2.674	33	-	15	14	22

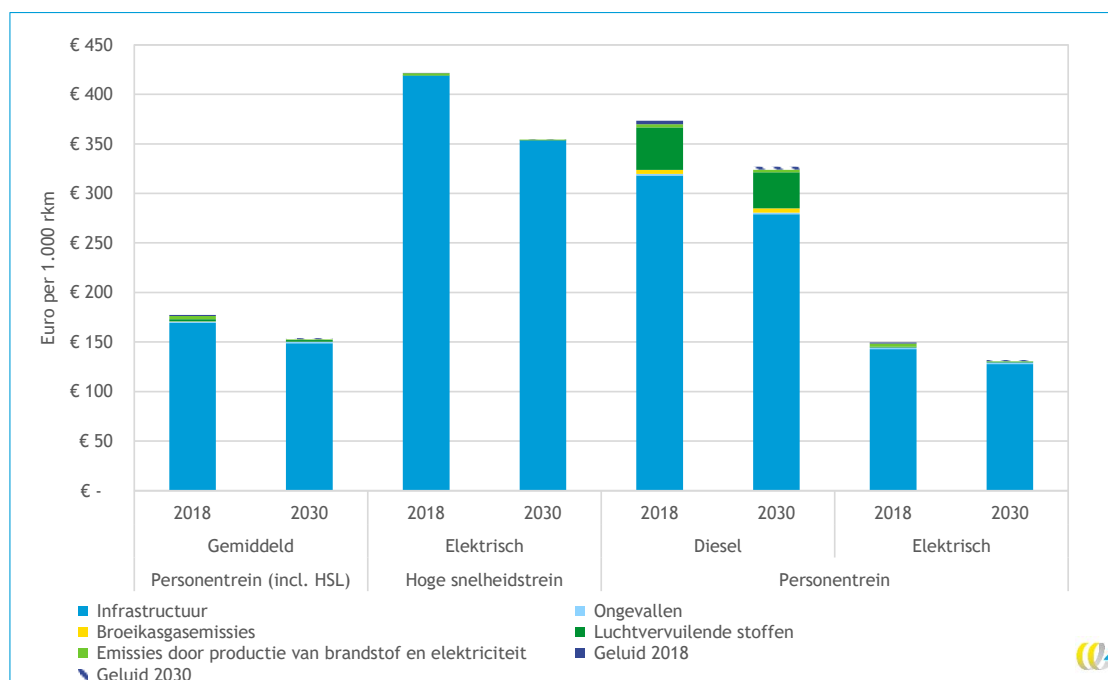
^a De kosten van broeikasgasemissies zoals hier gepresenteerd voor 2018 en 2030 zijn bepaald met behulp van de CO₂-prijs die aansluit bij WLO-Hoog.

^b De uitkomsten voor deze kostenposten zijn erg onzeker voor 2030 omdat er geen informatie beschikbaar was voor gedetailleerde berekeningen.

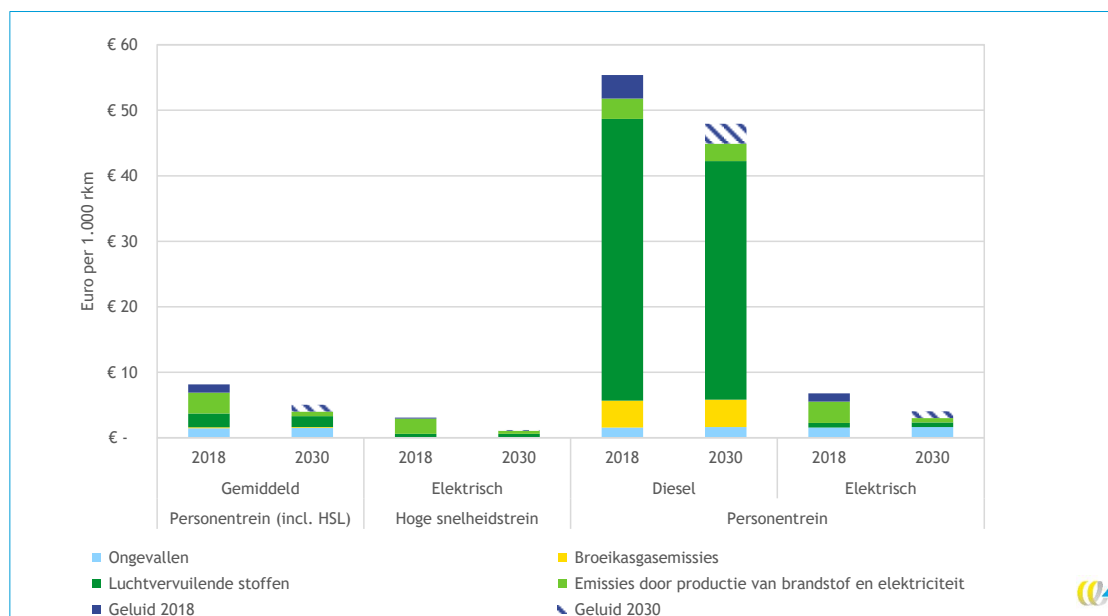
Figuur 7 geeft de gemiddelde kosten van personentreinen weer. Figuur 8 geeft dezelfde informatie zonder de infrastructuurkosten, zodat de overige kostenposten beter zichtbaar zijn. De gemiddelde infrastructuurkosten van de hogesnelheidslijn zijn significant lager in 2030. Dit komt omdat deze relatief nieuwe infrastructuur in 2030 naar verwachting intensiever wordt benut.

Een vergelijking tussen de overige kostenposten wijst uit dat de kosten van luchtvervuilende stoffen bij dieselpersonentreinen relatief hoog zijn. Deze kosten dalen wel tussen 2018 en 2030 door vernieuwing van motoren. Elektrische treinen hebben relatief lage gemiddelde externe kosten, die vooral bestaan uit de kosten van emissies van elektriciteitsproductie. Deze kosten dalen richting 2030 als gevolg van een verdere vergroening van de elektriciteitsmix in Nederland.

Figuur 7 - Gemiddelde externe en infrastructuurkosten van persontreinen in 2018 en 2030 per kostenpost (€ per 1.000 rkm)



Figuur 8 - Gemiddelde externe kosten van persontreinen in 2018 en 2030 per kostenpost (€ per 1.000 rkm)



Goederentrein

Tabel 8 geeft de totale externe en infrastructuurkosten van goederentreinen weer. Ook voor de goederentreinen zijn de infrastructuurkosten dominant in vergelijking met de overige kostenposten. Hiervoor gelden dezelfde redenen als voor personentreinen. In 2030 worden minder diesel goederentreinen ingezet waardoor de meeste kostenposten dalen. De uitzondering zijn broeikasgasemissies en emissies door brandstofproductie door hogere waardering van CO₂-emissies.

Tabel 8 - Totale externe en infrastructuurkosten goederentreinen in 2018 en 2030 per kostenpost (mln. €)

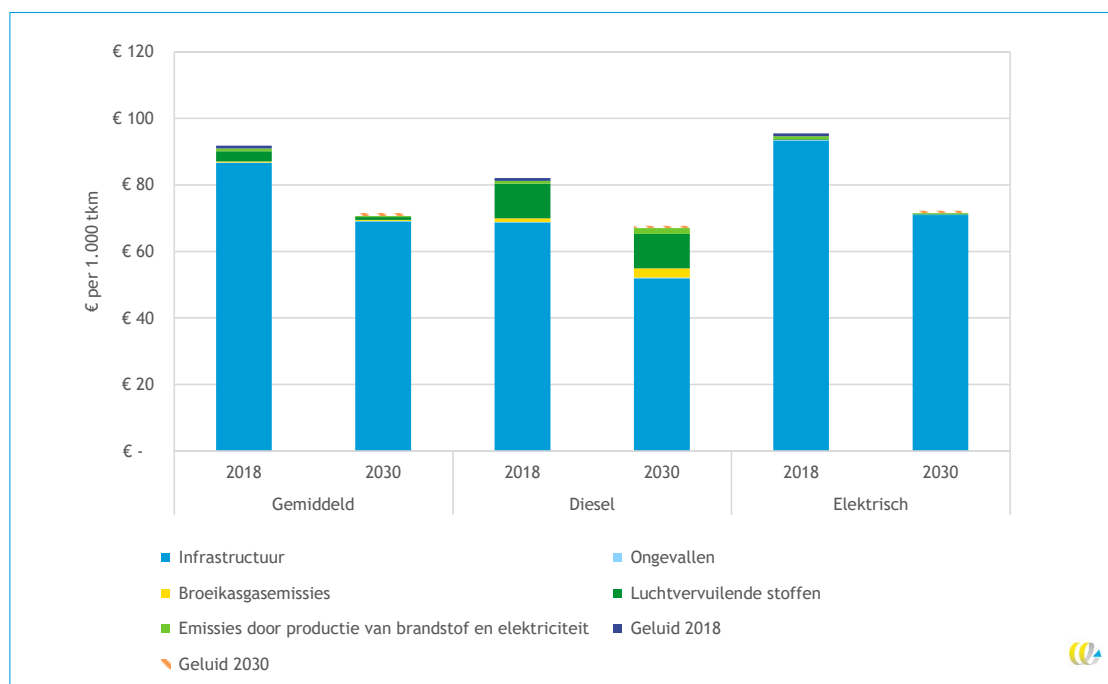
Voertuigtype	Jaar	Infra	Ongevallen	Broeikasgasemissies ^a	Luchtvervuilende stoffen	Brandstof- en elektriciteitsproductie ^a	Geluid ^b
Goederentrein totaal	2018	608	1,2	2,02	21	6,2	5,9
	2030	613	1,6	2,51	7,8	3,5	5,9
- Diesel	2018	132	0,34	2,02	20	1,52	1,7
	2030	47	0,17	2,51	9,3	1,62	0,6
- Elektrisch	2018	476	0,90	-	1,2	4,7	4,3
	2030	566	1,48	-	1,6	1,88	5,3

^a De kosten van broeikasgasemissies zoals hier gepresenteerd voor 2018 en 2030 zijn bepaald met behulp van de CO₂-prijs die aansluit bij WLO-Hoog.

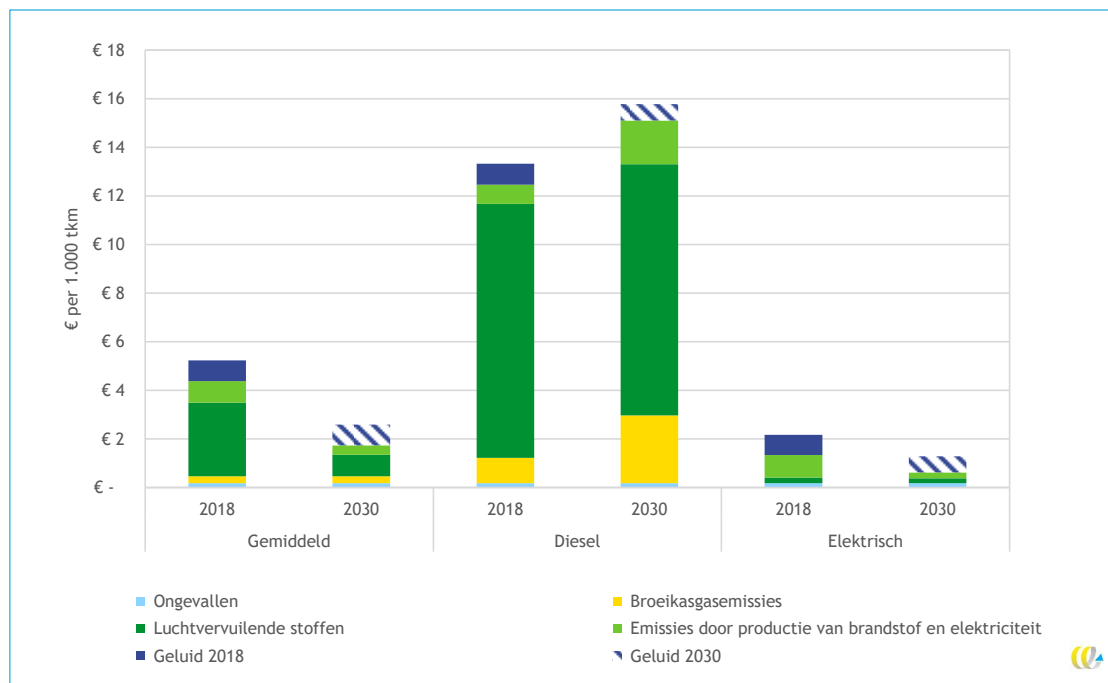
^b De uitkomsten voor deze kostenposten zijn erg onzeker voor 2030 omdat er geen informatie beschikbaar was voor gedetailleerde berekeningen.

Figuur 9 geeft de gemiddelde kosten van goederentreinen weer. Figuur 10 geeft dezelfde informatie zonder de infrastructuurkosten, zodat de overige kostenposten beter zichtbaar zijn. De gemiddelde infrastructuurkosten van alle soorten goederentreinen zijn significant lager in 2030. Dit komt omdat meer goederen over dezelfde infrastructuur worden vervoerd. Een vergelijking tussen de overige kostenposten wijst uit dat de kosten van luchtvervuilende stoffen bij dieselgoederentreinen relatief hoog zijn. Deze kosten dalen in beperkte mate tussen 2018 en 2030. Elektrische treinen hebben relatief lage gemiddelde externe kosten, die vooral uit geluidskosten en de kosten van emissies van elektriciteitsproductie bestaan. De laatstgenoemde kosten dalen significant tussen 2018 en 2030 door de vergroening van de Nederlandse elektriciteitsmix.

Figuur 9 - Gemiddelde externe en infrastructuurkosten van goederentreinen in 2018 en 2030 per kostenpost (€ per 1.000 tkm)



Figuur 10 - Gemiddelde externe kosten van goederentreinen in 2018 en 2030 per kostenpost (€ per 1.000 tkm)



2.2.4 Binnenvaart

Tabel 9 geeft de totale externe en infrastructuurkosten van de binnenvaart weer. In 2030 wordt er naar verwachting meer gevaren door binnenvaartschepen. Hierdoor stijgen de kosten van ongevallen, broeikasgasemissies en brandstof- en elektriciteitsproductie. De kosten van luchtvervuilende stoffen nemen echter af. Dit komt doordat de uitstoot van luchtvervuilende stoffen, met name NO_x, dalen door verschoning van de vloot.

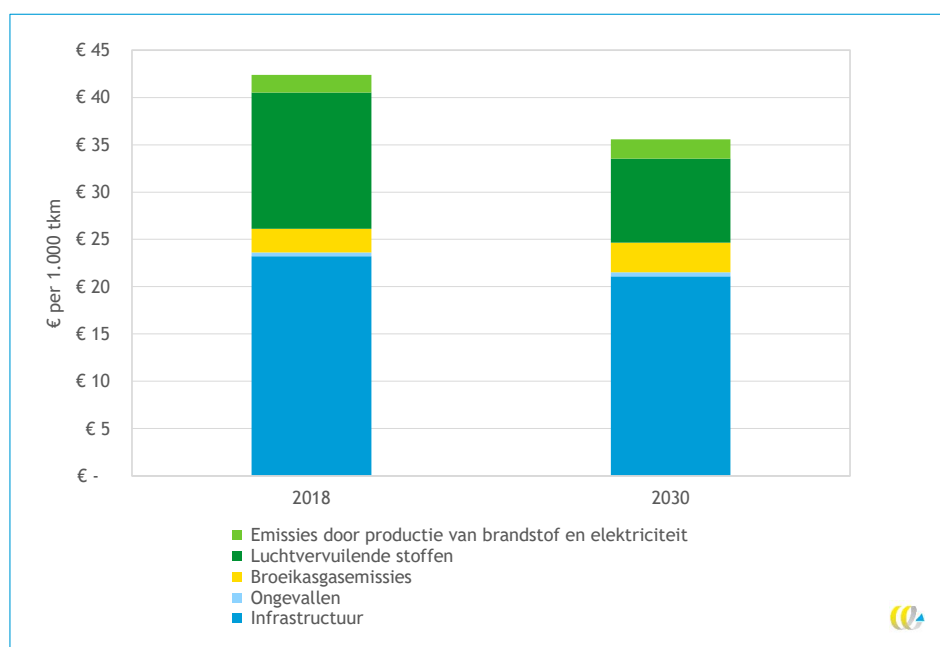
Tabel 9 - Totale kosten van binnenvaart in 2018 en 2030 per kostenpost (mln. €)

Voertuigtype	Jaar	Infrastructuur	Ongevallen	Broeikasgas-emissies ^a	Luchtvervuilende stoffen	Brandstof- en elektriciteitsproductie ^a
Binnenvaart	2018	1.096	19	118	679	89
	2030	1.155	24	172	487	111

^a De kosten van broeikasgasemissies zoals hier gepresenteerd voor 2018 en 2030 zijn bepaald met behulp van de CO₂-prijs die aansluit bij WLO-Hoog.

Figuur 11 geeft de gemiddelde kosten van de binnenvaart weer. De gemiddelde kosten in 2030 worden lager ingeschat dan voor 2018. Dit komt ten eerste doordat de infrastructuurkosten afnemen: doordat er meer kilometers worden gevaren wordt de beschikbare infrastructuur beter benut. Daarnaast dalen de gemiddelde kosten van luchtvervuilende stoffen door verschoning van de binnenvaart. De kosten van broeikasgasemissies en emissies door brandstofproductie stijgen doordat de waardering van CO₂-emissies in 2030 hoger is dan in 2018.

Figuur 11 - Gemiddelde externe en infrastructuurkosten van binnenvaart per kostenpost (€ per 1.000 tkm)



2.2.5 Zeevaart

Tabel 10 geeft de totale externe en infrastructuurkosten van de zeevaart weer. Het valt op dat, behalve de kosten van luchtvervuilende stoffen, alle kostenposten hoger zijn in 2030. Dit komt hoofdzakelijk door een toename van de volumes van de zeevaart. Bij de kosten van broeikasgasemissies geldt daarnaast dat de uitstoot van CO₂ hoger gewaardeerd wordt in 2030 in vergelijking met 2018.

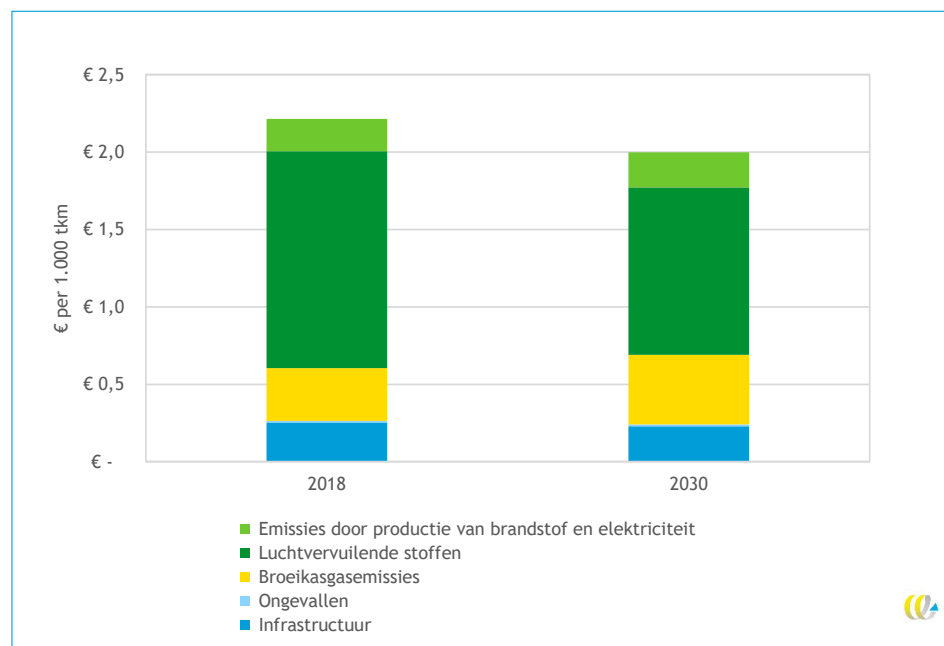
Tabel 10 - Totale externe en infrastructuurkosten van zeevaart in 2018 en 2030 per kostenpost (mln. €)

Voertuigtype	Jaar	Infrastructuur	Ongevallen	Broeikasgasemissies ^a	Luchtvervuilende stoffen	Brandstof- en elektriciteitsproductie ^a
Zeevaart	2018	512	24	688	2.838	424
	2030	554	31	1.086	2.618	545

^a De kosten van broeikasgasemissies zoals hier gepresenteerd voor 2018 en 2030 zijn bepaald met behulp van de CO₂-prijs die aansluit bij WLO-Hoog.

In Figuur 12 zijn de gemiddelde kosten van zeevaart weergegeven. Door verschoning van de vloot dalen de gemiddelde emissies van luchtvervuilende stoffen, wat leidt tot lagere externe kosten. De kosten van broeikasgasemissies stijgen doordat de waardering van CO₂-emissies hoger is in 2030. De gemiddelde infrastructuurkosten vallen naar verwachting wat lager uit in 2030 dan in 2018, wat het gevolg is van de aanname dat de havencapaciteit in Nederland (en dan vooral de Tweede Maasvlakte, waar momenteel nog ruimte is voor verdere groei) intensiever benut wordt. Deze aanname kent overigens wel een behoorlijke onzekerheid.

Figuur 12 - Gemiddelde externe en infrastructuurkosten van zeevaart in 2018 en 2030 per kostenpost (€ per 1.000 tkm)



2.2.6 Luchtvaart

Tabel 11 geeft de totale externe en infrastructuurkosten van de luchtvaart weer. Een onderscheid is gemaakt tussen personen- en goederenluchtvaart. Alle kostenposten stijgen in 2030 ten opzichte van 2018². Dit komt door een stijging in de volumes van zowel de personen- als goederenluchtvaart.

Tabel 11 - Totale externe en infrastructuurkosten van luchtvaart in 2018 en 2030 per kostenpost (mln. €)

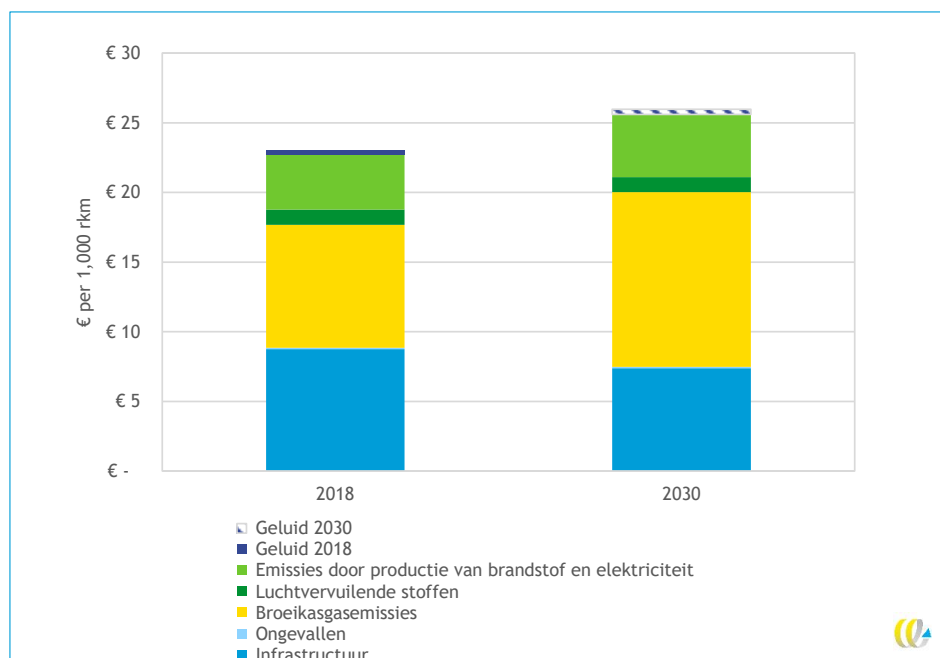
Voertuigtype	Jaar	Infra-structuur	Onge-vallen	Broeikas-gasemissies ^a	Lucht-vervuilende stoffen	Brandstof- en elektriciteits-productie ^a	Geluid ^b
Luchtvaart personen	2018	954	11	962	119	427	39
	2030	1.012	14	1.718	148	619	40
Luchtvaart goederen	2018	100	0,65	332	35	147	5,7
	2030	106	0,83	593	43	213	5,1

^a De kosten van broeikasgasemissies zoals hier gepresenteerd voor 2018 en 2030 zijn bepaald met behulp van de CO₂-prijs die aansluit bij WLO-Hoog.

^b De uitkomsten voor deze kostenposten zijn erg onzeker voor 2030 omdat er geen informatie beschikbaar was voor gedetailleerde berekeningen.

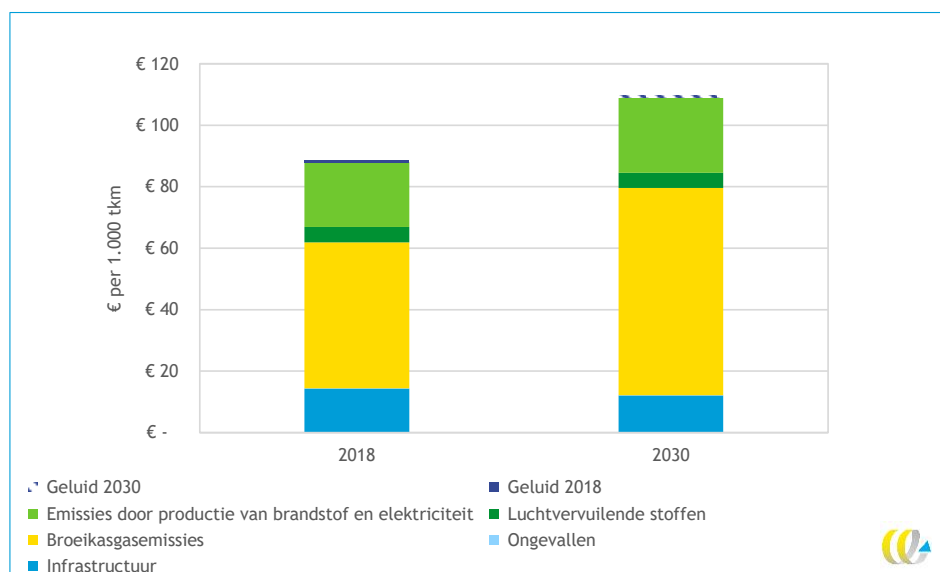
Figuur 13 en Figuur 14 geven de gemiddelde kosten van de personen- en goederenluchtvaart weer. De gemiddelde kosten zijn in 2030 hoger dan in 2018. Dit komt voor zowel personen- als goederenluchtvaart voornamelijk door hogere gemiddelde kosten van broeikasgasemissies. De reden voor de kostenstijging is dat de emissies hoger gewaardeerd worden in 2030, terwijl de gemiddelde uitstoot van deze emissies per vliegtuig beperkt dalen.

Figuur 13 - Gemiddelde externe en infrastructuurkosten van personenluchtvaart in 2018 en 2030 per kostenpost (€ per 1.000 rkm)



² Een uitzondering zijn de kosten van geluidsoverlast. Deze kostenpost is bij gebrek aan data constant gehouden. Omdat de personenluchtvaart harder groeit dan de goederenluchtvaart zorgt dit wel voor een lichte verschuiving in de berekende kosten.

Figuur 14 - Gemiddelde externe en infrastructuurkosten van goederenluchtvaart in 2018 en 2030 per kostenpost (€ per 1.000 tkm)



2.3 Doorkijk naar verdere toekomst

In deze paragraaf presenteren wij de doorkijk naar de verdere toekomst (2040 en 2050) in de WLO-scenario's. Een belangrijk verschil met de resultaten voor 2030 is dat wij voor 2040 en 2050 zowel een hoog als een laag scenario hebben doorgerekend. Deze scenario's verschillen aanzienlijk van elkaar wat betreft vervoersprestaties, klimaatbeleid, en economische en demografische uitgangspunten. Hierbij moet wel bedacht worden dat beide WLO-scenario's tot op zekere hoogte beleidsarm zijn ingevuld. Zo wordt er in de WLO-scenario's bijvoorbeeld aangenomen dat er na 2030 geen nieuwe transportinfrastructuur bij komt in Nederland. Ook het ambitieuze EU-klimaatbeleid en het Parijse Klimaatakkoord hebben (nog) geen plaats gevonden in deze scenario's.

De resultaten dienen dus geïnterpreteerd te worden als een bandbreedte van twee mogelijke toekomstige waarden waarin de uitersten zijn opgezocht. Deze bandbreedte hebben we ook toegepast in de gebruikte milieuprijzen voor emissies. Het lage WLO-scenario maakt gebruik van onderwaarden terwijl het hoge WLO-scenario juist uitgaat van bovenwaarden. Verder is de onzekerheid van de inschattingen aanzienlijk groter dan voor 2030. We benadrukken dit verder niet expliciet aangezien dit voor alle kostenposten geldt.

Door gebrek aan data presenteren wij voor tweewielers, touringcars en zeevaart geen kwantitatieve resultaten voor 2040 en 2050. Ook hebben wij voor alle voertuigcategorieën minder onderscheid gemaakt tussen aandrijflijnen in vergelijking met de resultaten voor 2030 en 2018: wij hebben nu slechts onderscheid gemaakt tussen 'fossiel' en 'elektrisch'³.

³ Waterstofvoertuigen scharen wij ook onder de categorie elektrisch vervoer. Plug-in hybride voertuigen classificeren wij als fossiel.

2.3.1 Personenauto

Tabel 12 geeft de totale externe en infrastructuurkosten van personenauto's op de langere termijn weer. In het algemeen zijn deze kosten in WLO-Hoog hoger dan in WLO-Laag. Dit komt omdat er in WLO-Hoog meer kilometers worden afgelegd. Ook speelt mee dat de waardering van broeikasgassen hoger is in WLO-Hoog. Hierdoor kunnen kosten hoger zijn, ondanks dat de totale emissies van broeikasgassen in WLO-Hoog lager zijn dan in WLO-Laag (in WLO-Hoog is een groter deel van het wagenpark geëlektrificeerd, wat leidt tot lagere totale CO₂-emissies, zie Tabel 34). Verder valt vooral op dat de kosten van ongevallen in de zowel WLO-Hoog als WLO-Laag sterk groeien, wat het gevolg is van de verwachte sterke stijging in het aantal verkeersslachtoffers (vooral bij de zwaargewonden). De verschillen in de congestiekosten tussen WLO-Hoog en WLO-Laag zijn erg groot. Dit komt door het niet-lineaire verband tussen verkeersvolumes en congestievorming, waardoor congestieniveaus in WLO-Hoog aanzienlijk hoger liggen dan in WLO-Laag.

Tabel 12 - Totale kosten van personenauto's op lange termijn per kostenpost (mln. €)

Voertuigtype	Jaar	Infra	Ongevallen	Broeikasgas-emissies ^a	Luchtvervuilende stoffen	Brandstof- en elektriciteits-productie ^a	Geluid ^b	Congestie	
								HWN	Stad ^b
Personenauto totaal	2018	6.775	10.000	1.234	846	1.097	683	2.218	5.888
	2040 laag	6.185	13.830	377	236	432	683	1.667	5.717
	2040 hoog	6.892	16.576	1.465	579	1.607	683	6.689	10.814
	2050 laag	5.447	16.328	481	250	448	683	2.063	7.240
	2050 hoog	6.315	19.946	1.175	462	1.040	683	10.731	18.298
Personenauto fossiel	2018	6.736	9.941	1.234	846	1.105	681	2.207	5.853
	2040 laag	6.736	9.941	1.234	846	1.105	681	2.207	5.853
	2040 hoog	5.053	11.349	377	224	430	620	1.362	4.672
	2050 laag	3.384	8.283	1.465	473	1.596	467	3.286	5.313
	2050 hoog	3.848	11.623	481	229	445	575	1.458	5.117
Personenauto elektrisch	2018	1.643	5.432	1.175	289	1.032	306	2.795	4.766
	2040 laag	39	59	-	0,38	4,9	1,9	11	36
	2040 hoog	39	59	-	0,38	4,9	1,9	11	36
	2050 laag	1.132	2.478	-	12	1,3	63	305	1.045
	2050 hoog	3.508	8.265	-	107	10	216	3.402	5.501

^a De kosten van broeikasgasemissies zoals hier gepresenteerd voor 2018 zijn bepaald met behulp van de CO₂-prijzen die aansluit bij WLO-Hoog.

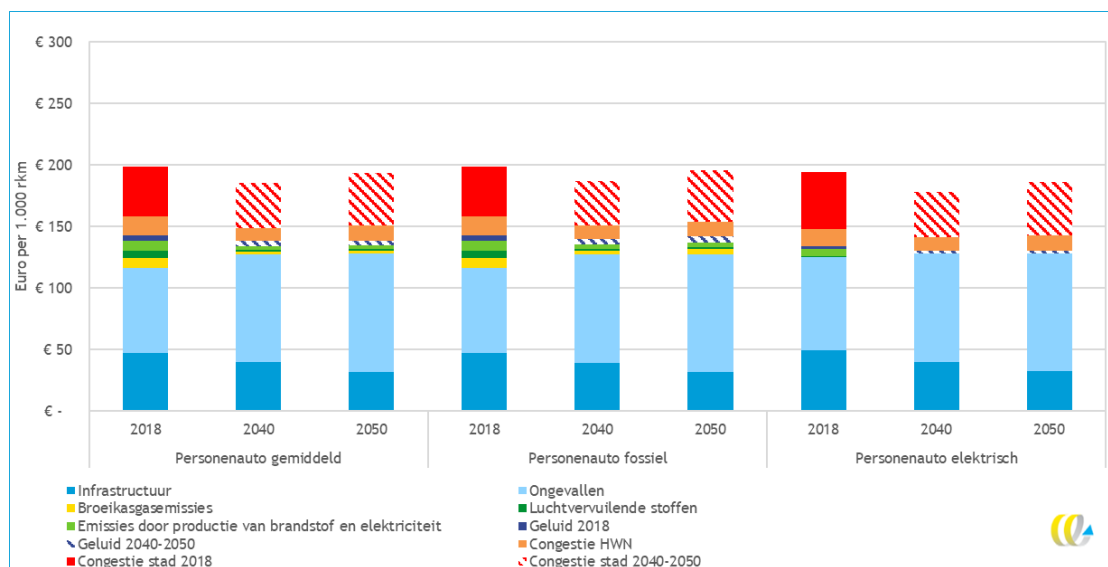
^b De uitkomsten voor deze kostenposten zijn erg onzeker voor 2040 en 2050 omdat er geen informatie beschikbaar was voor gedetailleerde berekeningen.

Figuur 15 geeft de gemiddelde kosten van personenauto's weer in het WLO-Laag-scenario. Het valt op dat de ongevalskosten stijgen tussen 2018 en 2040 terwijl de kosten van infrastructuur, broeikasgassen en luchtvervuiling juist dalen. Hierdoor blijven de totale gemiddelde kosten relatief constant.

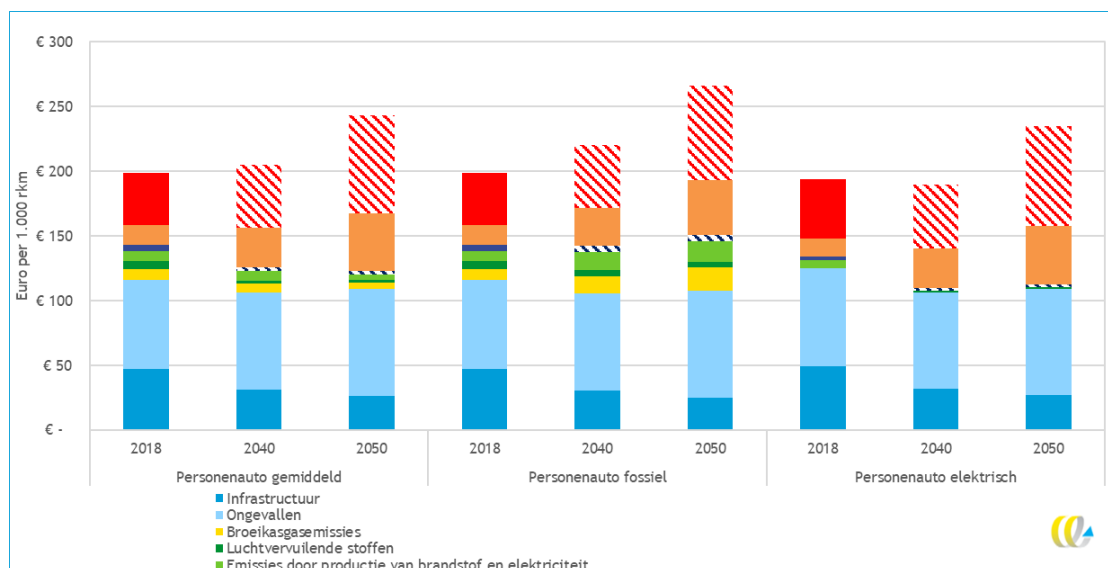
Figuur 16 geeft de gemiddelde kosten van personenauto's weer in het WLO-Hoog-scenario. Het valt direct op dat in dit scenario de gemiddelde kosten stijgen. Dit komt voornamelijk door de hogere congestiekosten. Deze sterke stijging van congestiekosten komt omdat het wegennet niet mee groeit met de verkeersvolumes.

De gemiddelde kosten zijn in 2040 en 2050 hoger voor WLO-Hoog dan WLO-Laal. Dit komt met name door stijging van de gemiddelde congestiekosten en emissies (vanwege hogere milieuprijzen) in WLO-Hoog. Voor infrastructuur en ongevallen zijn de gemiddelde kosten lager in WLO-Hoog ten opzichte van WLO-Laal. De reden hiervoor is dat het totale aantal ongevallen weinig verschilt tussen het lage en hoge WLO-scenario terwijl er wel grote verschillen zitten in het aantal personenautokilometers (hoger in WLO-Hoog dan in WLO-Laal). De gemiddelde infrastructuurkosten nemen af, omdat in WLO-Hoog intensiever gebruik wordt gemaakt van hetzelfde wegennetwerk.

Figuur 15 - Gemiddelde externe en infrastructuurkosten van personenauto's op lange termijn per kostenpost in WLO-Laal (€ per 1.000 rkm)



Figuur 16 - Gemiddelde externe en infrastructuurkosten van personenauto's op lange termijn per kostenpost in WLO-Hoog (€ per 1.000 rkm)



2.3.2 Fiets

Tabel 13 geeft de totale externe en infrastructuurkosten van fietsen op de langere termijn weer. Het valt op dat de ongevalskosten stijgen. Dit komt omdat er meer ongevallen zijn en de gemiddelde leeftijd van fietsers toeneemt, waardoor de medische gevolgen van ongevallen gemiddeld groter zijn.

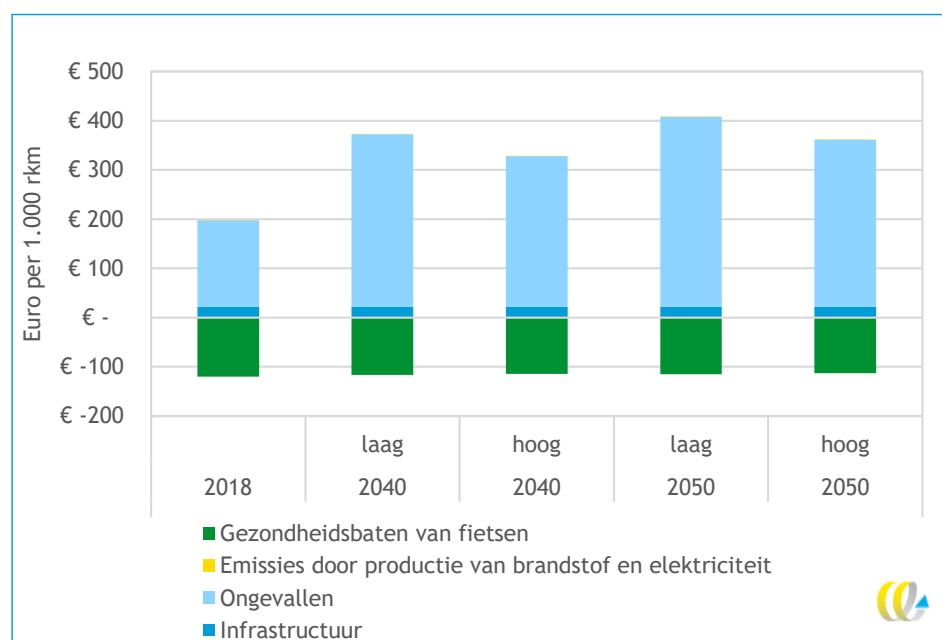
Tabel 13 - Totale externe en infrastructuurkosten van fietsen in 2018 en op lange termijn per kostenpost (mln. €)

Jaar en WLO-scenario	Infrastructuur	Ongevallen	Brandstof- en elektriciteitsproductie ^a	Baten fietsen
2018	403	3.239	0,45	-2.206
2040 laag	440	7.036	0,010	-2.336
2040 hoog	457	6.372	0,028	-2.382
2050 laag	424	7.461	0,011	-2.228
2050 hoog	461	7.142	0,016	-2.373

^a De kosten van broeikasgasemissies zoals hier gepresenteerd voor 2018 zijn bepaald met behulp van de CO₂-prijs die aansluit bij WLO-Hoog.

Figuur 17 geeft de gemiddelde kosten van fietsen weer voor beide WLO-scenario's. Hieruit blijkt dat de gemiddelde kosten van fietsen stijgen in de toekomst. Dit komt doordat er de verwachting is dat er per kilometer meer ongevallen plaatsvinden waarbij fietsers betrokken zijn. In het hoge WLO-scenario zijn de kosten van ongevallen lager dan in het lage WLO-scenario. De reden hiervoor is dat het totale aantal ongevallen weinig verschilt tussen het lage en hoge WLO-scenario terwijl de fietskilometers wel verschillen (die liggen significant hoger in WLO-Hoog).

Figuur 17 - Gemiddelde externe en infrastructuurkosten van fietsen in 2018 en op lange termijn per kostenpost (€ per 1.000 rkm)



2.3.3 Ov-bussen

Tabel 14 geeft de totale externe en infrastructuurkosten van ov-bussen op de langere termijn weer. Omdat alle ov-bussen in 2040 zero-emissie zijn is er een grote verschuiving naar elektrische bussen ten opzichte van 2018. Hierdoor nemen de emissies van broeikasgassen, luchtvervuiling en brandstof- en elektriciteitsproductie sterk af. Dit laatste komt ook doordat de productie van elektriciteit, met name in WLO-Hoog, veel groener is in de toekomst. Ook is de geluidsproductie van elektrische bussen lager, waardoor de kosten van geluidshinder afnemen. De kosten van ongevallen nemen toe, doordat er naar verwachting meer ongevallen met bussen plaatsvinden.

Tabel 14 - Totale externe en infrastructuurkosten van ov-bussen in 2018 en op lange termijn per kostenpost (mln. €)

Voertuigtype	Jaar	Infra	Ongevallen	Broeikasgas-emissies ^a	Luchtvervuilende stoffen	Brandstof- en elektriciteitsproductie ^a	Geluid ^b	Congestie	
								HWN	Stad ^b
Ov-bus totaal	2018	699	192	28	39	22	75	1,3	176
	2040 laag	519	253	-	0,75	0,44	30	1,1	184
	2040 hoog	542	250	-	1,9	1,1	30	3,4	300
	2050 laag	416	273	-	0,76	0,45	30	1,1	224
	2050 hoog	452	287	-	2,1	0,56	30	5,4	493
Ov-bus fossiel	2018	671	184	28	39	21	74	1,3	169
	2040 laag	-	-	-	-	-	-	-	-
	2040 hoog	-	-	-	-	-	-	-	-
	2050 laag	-	-	-	-	-	-	-	-
	2050 hoog	-	-	-	-	-	-	-	-
Ov-bus elektrisch	2018	28	7,6	-	0,048	1,6	0,9	0,053	7
	2040 laag	519	253	-	0,75	0,44	30	1,1	184
	2040 hoog	542	250	-	1,9	1,1	30	3,4	300
	2050 laag	416	273	-	0,76	0,45	30	1,1	224
	2050 hoog	452	287	-	2,1	0,56	30	5,4	493

^a De kosten van broeikasgasemissies zoals hier gepresenteerd voor 2018 zijn bepaald met behulp van de CO₂-prijs die aansluit bij WLO-Hoog.

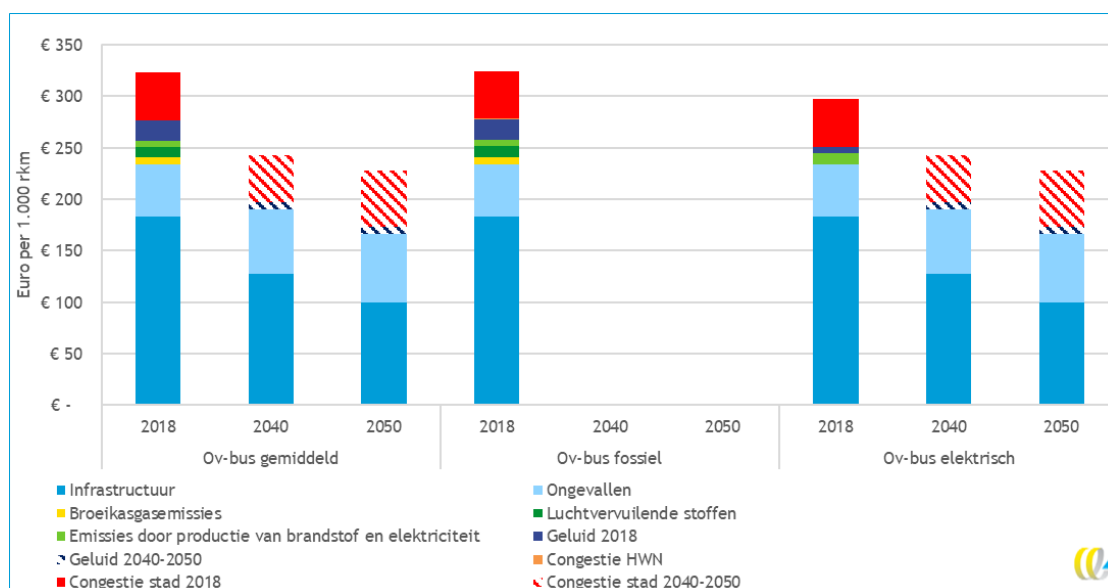
^b De uitkomsten voor deze kostenposten zijn erg onzeker voor 2040 en 2050 omdat er geen informatie beschikbaar was voor gedetailleerde berekeningen.

Figuur 18 geeft de gemiddelde kosten van ov-bussen weer voor het scenario WLO-Laag. In 2040 en 2050 worden geen fossiel aangedreven ov-bussen meer gebruikt. Het valt op dat de gemiddelde kosten van ov-bussen dalen in 2040 en 2050 (t.o.v. 2018). De daling wordt veroorzaakt door lagere infrastructuurkosten.

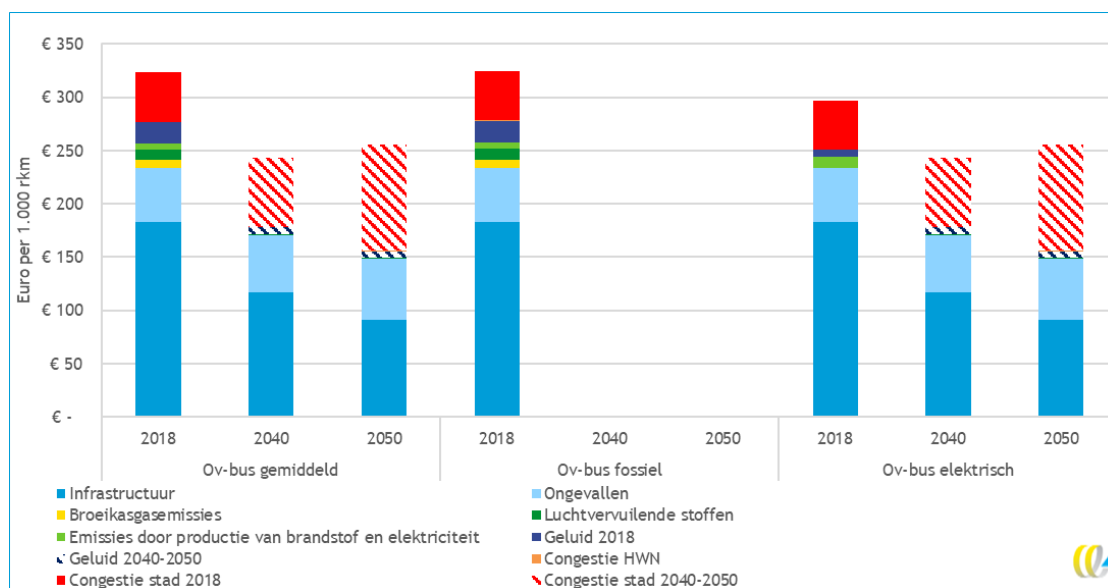
Figuur 19 geeft de gemiddelde kosten van ov-bussen weer voor het scenario WLO-Hoog. In dit scenario valt op dat de gemiddelde kosten dalen tot 2040 en daarna weer licht stijgen. De daling tussen 2018 en 2040 komt voornamelijk door de lagere infrastructuurkosten. De infrastructuurkosten dalen omdat het wegennet niet wordt uitgebreid. De stijging tussen 2040 en 2050 komt hoofdzakelijk door de toegenomen stedelijke congestie.

De gemiddelde kosten in WLO-Laag en WLO-Hoog zijn redelijk vergelijkbaar.

Figuur 18 - Gemiddelde externe en infrastructuurkosten van ov-bussen in 2018 en op lange termijn per kostenpost in WLO-Laaag (€ per 1.000 rkm)



Figuur 19 - Gemiddelde externe en infrastructuurkosten van ov-bussen in 2018 en op lange termijn per kostenpost in WLO-Hoog (€ per 1.000 rkm)



2.3.4 Bestelauto

Tabel 15 geeft de totale externe en infrastructuurkosten van bestelauto's op de langere termijn weer. Ten opzichte van de overige vervoerswijzen is er, vooral in WLO-Hoog, relatief veel reductie in de kosten van luchtvervuilende emissies. Dit komt door verschoning van het fossiel aangedreven wagenpark en toenemende elektrificatie. De waardering van emissies is echter hoger in het hoge WLO-scenario, waardoor de kosten voor deze jaren uiteindelijk wel hoger uitvallen. Verder nemen de ongevalskosten in beide WLO-scenario's sterk toe als gevolg van de voorspelde toename in ongevallen. De kosten van congestie stijgen, door het niet-lineaire verband met de verkeersvolumes, vooral in WLO-Hoog sterk. De totale infrastructuurkosten nemen af, omdat het wegennet na 2030 niet wordt uitgebreid.

Tabel 15 - Totale externe en infrastructuurkosten van bestelauto's in 2018 en op lange termijn per kostenpost (mln. €)

Voertuigtype	Jaar	Infra	Ongevallen	Broeikasgas-emissies ^a	Luchtvervuilende stoffen	Brandstof- en elektriciteitsproductie ^a	Geluid ^b	Congestie	
								HWN	Stad ^b
Bestelauto totaal	2018 laag	1.124	1.649	248	479	186	116	515	768
	2040 laag	938	2.204	97	50	93	116	370	719
	2040 hoog	898	2.247	397	117	352	116	1.201	1.207
	2050 laag	735	2.428	133	45	102	116	427	827
	2050 hoog	699	2.386	469	80	344	116	1.725	1.788
Bestelauto fossiel	2018 laag	1.123	1.647	248	479	186	116	515	768
	2040 laag	844	1.983	97	49	93	109	333	647
	2040 hoog	617	1.544	397	108	350	91	825	829
	2050 laag	611	2.011	133	44	101	103	351	689
	2050 hoog	467	1.596	469	71	343	90	1.154	1.196
Bestelauto elektrisch	2018 laag	0,9	1,3	-	0,010	0,22	0,056	0,42	0,62
	2040 laag	94	221	-	1,1	0,27	7,2	37	72
	2040 hoog	281	703	-	9,0	2,1	25	376	378
	2050 laag	124	416	-	1,9	0,46	13	75	138
	2050 hoog	231	790	-	9,4	1,0	26	571	592

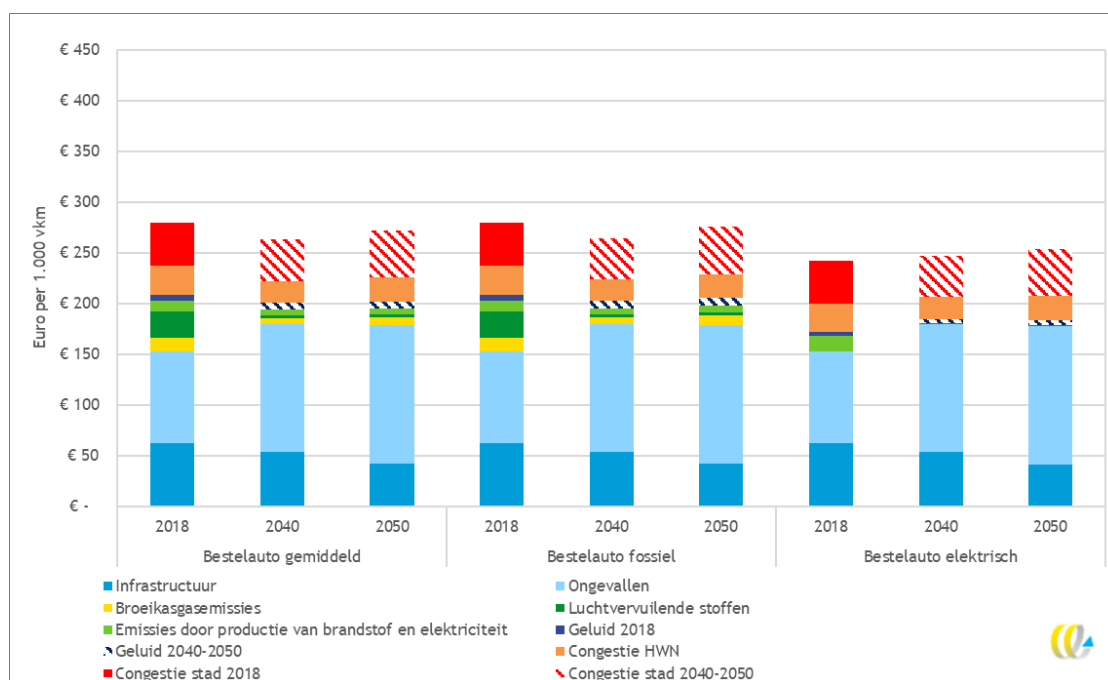
^a De kosten van broeikasgasemissies zoals hier gepresenteerd voor 2018 zijn bepaald met behulp van de CO₂-prijs die aansluit bij WLO-Hoog.

^b De uitkomsten voor deze kostenposten zijn erg onzeker voor 2040 en 2050 omdat er geen informatie beschikbaar was voor gedetailleerde berekeningen.

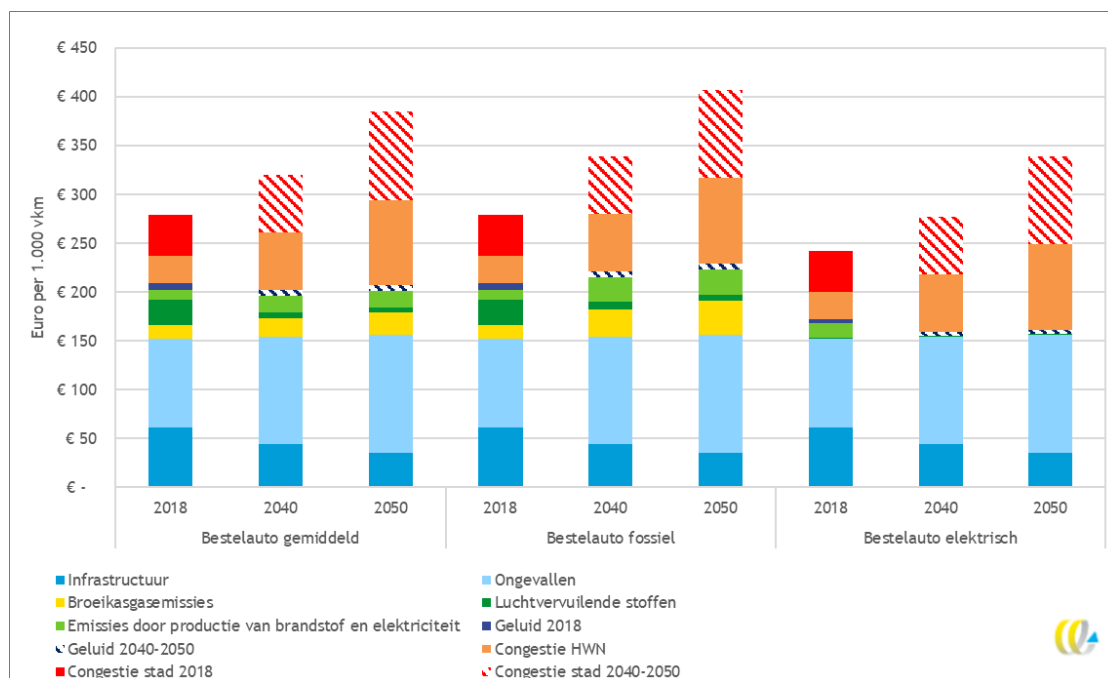
Figuur 20 geeft de gemiddelde kosten van bestelauto's weer in het scenario WLO-Laaag. De gemiddelde kosten van bestelauto's blijven redelijk constant. Dit komt omdat de hogere gemiddelde ongevalskosten worden gecompenseerd door lagere kosten voor infrastructuur, luchtvervuiling en broeikasgasemissies. Er vinden, mede door de vergrijzende bevolking, meer ongevallen plaats waardoor er ook vaker bestelauto's betrokken zijn.

Figuur 21 geeft de gemiddelde congestiekosten weer in het scenario WLO-Hoog. In dit scenario nemen de totale gemiddelde kosten toe. Dit komt voornamelijk door een stijging in de gemiddelde kosten van congestie. Doordat de infrastructuur niet mee groeit met de verkeersvolumes is er in dit scenario namelijk veel filevorming.

Figuur 20 - Gemiddelde externe en infrastructuurkosten van bestelauto's in 2018 en op lange termijn per kostenpost in WLO-Laag (€ per 1.000 vkm)



Figuur 21 - Gemiddelde externe en infrastructuurkosten van bestelauto's in 2018 en op lange termijn per kostenpost in WLO-Hoog (€ per 1.000 vkm)



2.3.5 Vrachtauto

Tabel 16 geeft de totale externe en infrastructuurkosten van vrachtauto's op de langere termijn weer. Wij hebben de kosten van elektrische vrachtauto's in 2018 niet gekwantificeerd, omdat dit voertuigtype in 2018 nog nauwelijks op de weg reed. Ook in 2040 en 2050 is het aandeel van elektrische vrachtauto's beperkt. Het valt op dat de totale kosten over het algemeen toenemen. Dit komt doordat, vooral in WLO-Hoog, de volumes van het goederenvervoer over de weg toenemen. De luchtvervuilende stoffen zijn een uitzondering: deze nemen in WLO-Laag af door verschoning van het wagenpark, terwijl in WLO-Hoog de verschoning van het wagenpark ongeveer de daling van de volumes compenseert. Ook nemen de congestiekosten alleen sterk toe in WLO-Hoog.

Tabel 16 - Totale externe en infrastructuurkosten van vrachtauto's in 2018 en op lange termijn per kostenpost (mln. €)

Voertuigtype	Jaar	Infra	Ongevallen	Broeikasgas-emissies ^a	Luchtvervuilende stoffen	Brandstof- en elektriciteitsproductie ^a	Geluid ^b	Congestie	
								HWN	Stad ^b
Vrachtauto totaal	2018	2.544	887	421	691	343	315	1.036	331
	2040 laag	2.236	1.179	182	301	174	315	838	412
	2040 hoog	2.383	1.301	812	750	712	315	3.051	710
	2050 laag	2.001	1.267	265	320	199	315	1.133	585
	2050 hoog	2.300	1.529	1.100	725	801	315	5.961	1.408
Vrachtauto fossiel	2018	2.544	887	421	691	343	315	1.036	331
	2040 laag	2.193	1.156	182	300	174	312	822	405
	2040 hoog	1.934	1.060	812	738	710	283	2.490	581
	2050 laag	1.958	1.235	265	320	199	312	1.110	572
	2050 hoog	1.683	1.022	1.100	702	798	266	4.374	1.035
Vrachtauto elektrisch	2018	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.
	2040 laag	43	22	-	0,41	0,10	2,9	15	7,6
	2040 hoog	449	241	-	12	2,7	31	560	129
	2050 laag	43	32	-	0,6	0,14	3,3	24	12
	2050 hoog	617	507	-	24	2,6	49	1.587	374

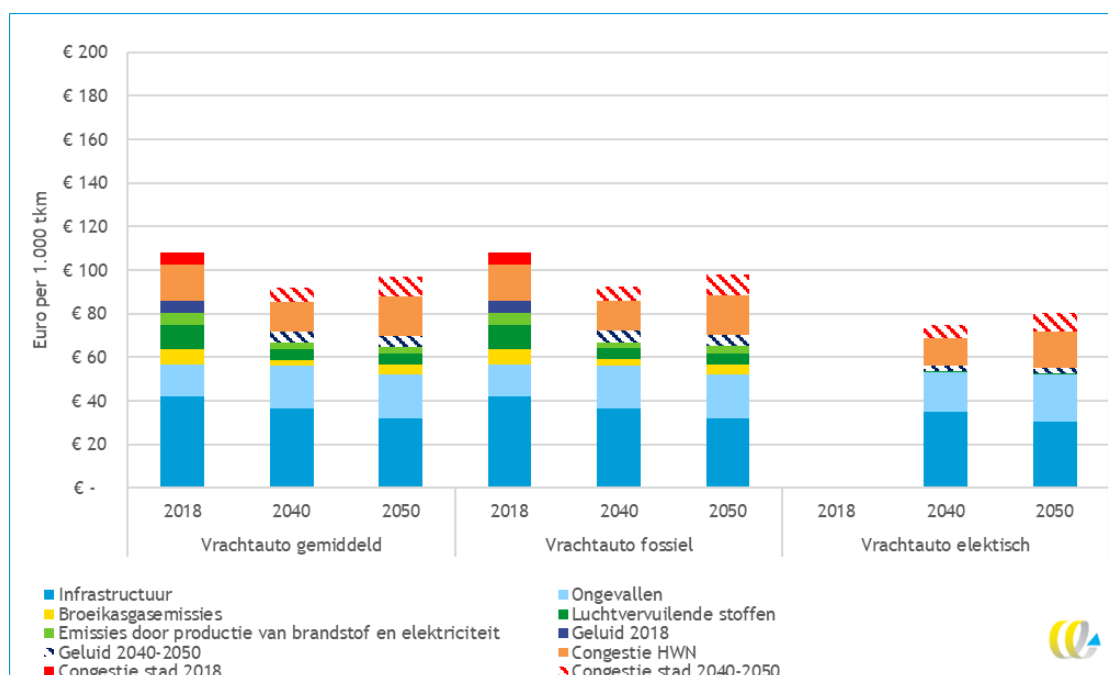
^a De kosten van broeikasgasemissies zoals hier gepresenteerd voor 2018 zijn bepaald met behulp van de CO₂-prijs die aansluit bij WLO-Hoog.

^b De uitkomsten voor deze kostenposten zijn erg onzeker voor 2040 en 2050 omdat er geen informatie beschikbaar was voor gedetailleerde berekeningen.

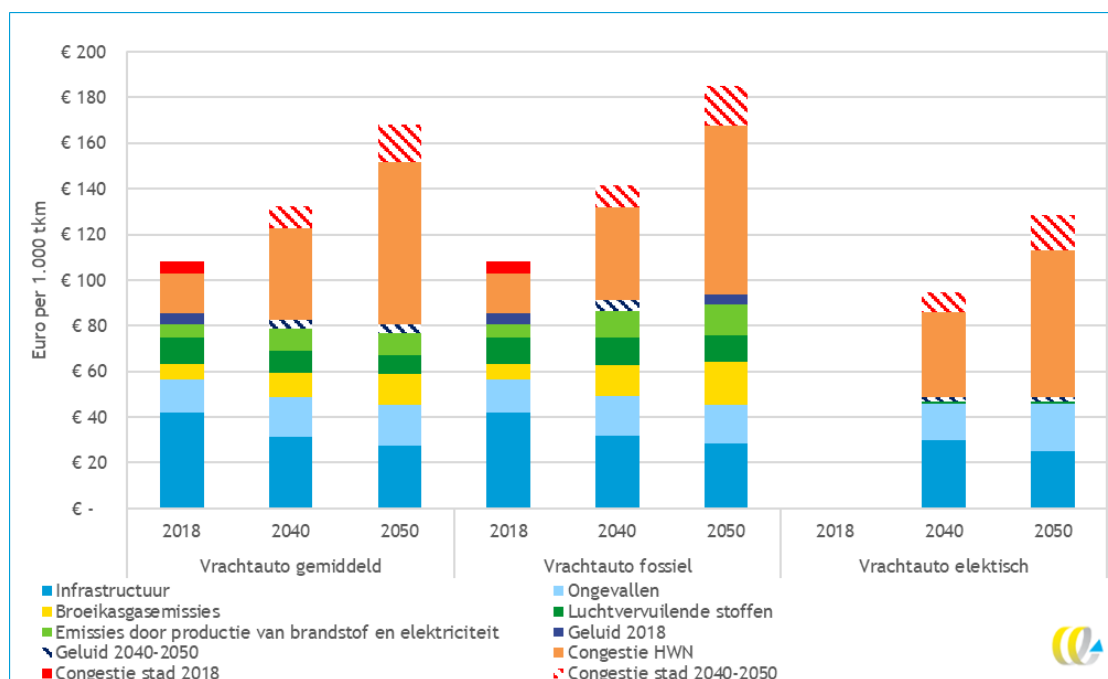
Figuur 22 geeft de gemiddelde kosten van vrachtauto's weer in het scenario WLO-Laag. Het valt op dat de totale gemiddelde kosten dalen tot 2040, maar licht stijgen tussen 2040 en 2050. De gemiddelde kosten van broeikasgasemissies, luchtvervuiling en infrastructuur nemen sterk af, maar deze daling wordt vooral in 2050 gecompenseerd door een lichte stijging van de congestiekosten.

Figuur 23 geeft de gemiddelde kosten van vrachtauto's weer in het scenario WLO-Hoog. In dit scenario zien wij dat de totale gemiddelde kosten hard stijgen door een toename van de kosten van congestie. De congestiekosten nemen toe omdat de verkeersvolumes groeien, terwijl het wegennet niet wordt uitgebreid. Bij de overige kostenposten valt vooral op dat de gemiddelde kosten van broeikasgasemissies stijgen, terwijl de gemiddelde kosten van infrastructuur dalen. Dit komt omdat de waardering van CO₂-emissies harder stijgt dan de verschoning van het wagenpark.

Figuur 22 - Gemiddelde externe en infrastructuurkosten van vrachtauto's in 2018 en op lange termijn per kostenpost in WLO-Laag (€ per 1.000 tkm)



Figuur 23 - Gemiddelde externe en infrastructuurkosten van vrachtauto's in 2018 en op lange termijn per kostenpost in WLO-Hoog (€ per 1.000 tkm)



2.3.6 Spoorvervoer

Personentrein

Tabel 17 geeft de totale kosten van personentreinen op de langere termijn weer. Er zijn geen grote verschillen in deze kosten tussen de jaren en scenario's. Wel worden er meer kilometers gereden met de trein in WLO-Hoog in vergelijking met WLO-Laag, waardoor de totale kosten iets hoger zijn. Ook zorgt de hogere waardering van emissies ervoor dat de kosten in WLO-Hoog hoger zijn dan in WLO-Laag.

Tabel 17 - Totale externe en infrastructuurkosten van personen­spoorvervoer in 2018 en op lange termijn per kostenpost (mln. €)

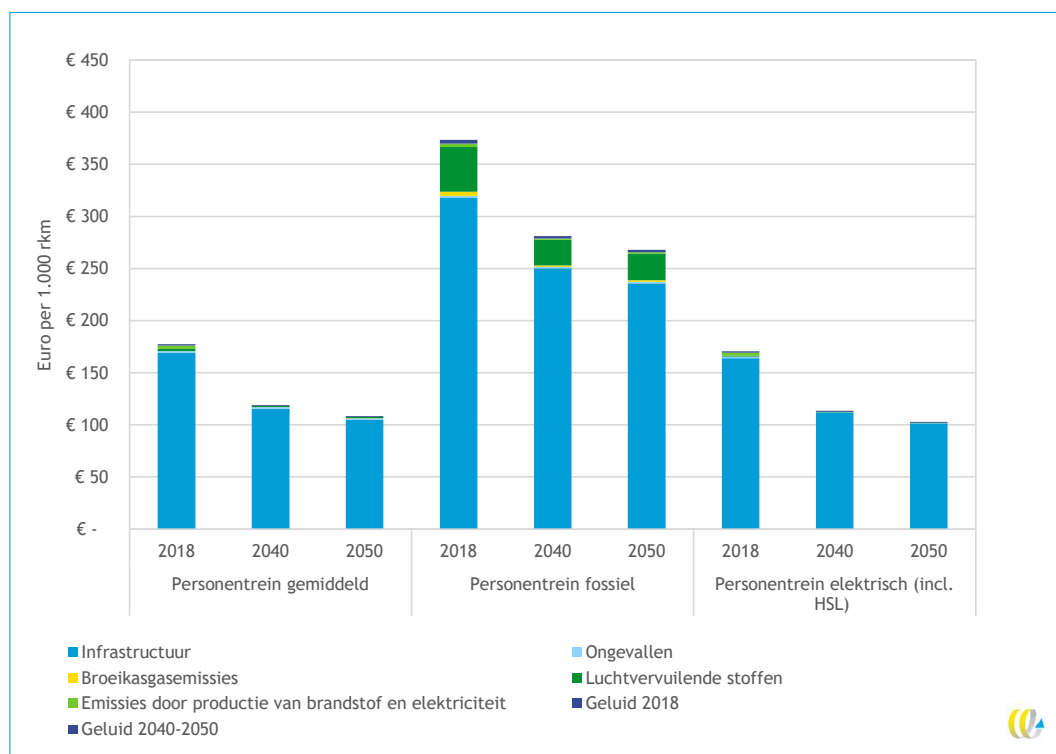
Voertuigtype	Jaar	Infra	Ongevallen	Broeikasgas-emissies ^a	Lucht- vervuilende stoffen	Brandstof- en elektriciteits- productie ^a	Geluid ^b
Personentrein totaal	2018	3.318	28	2,7	41	63	24
	2040 laag	3.232	42	0,94	32	1,6	24
	2040 hoog	3.558	49	3,8	88	5,0	24
	2050 laag	3.105	44	1,3	35	1,7	24
	2050 hoog	3.609	55	3,9	99	3,5	24
Personentrein fossiel	2018	215	1,0	2,7	28	2,1	2,4
	2040 laag	191	1,2	0,94	19	0,90	1,8
	2040 hoog	215	1,4	3,8	51	3,3	1,8
	2050 laag	190	1,3	1,3	21	1,0	1,8
	2050 hoog	225	1,6	3,9	57	2,8	1,8
Personentrein elektrisch	2018	3.107	27	-	13	61	22
	2040 laag	3.041	6,4	-	14	0,67	23
	2040 hoog	3.343	7,5	-	37	1,6	23
	2050 laag	2.915	6,7	-	14	0,70	23
	2050 hoog	3.384	8,4	-	42	0,68	23

^a De kosten van broeikasgasemissies zoals hier gepresenteerd voor 2018 zijn bepaald met behulp van de CO₂-prijs die aansluit bij WLO-Hoog.

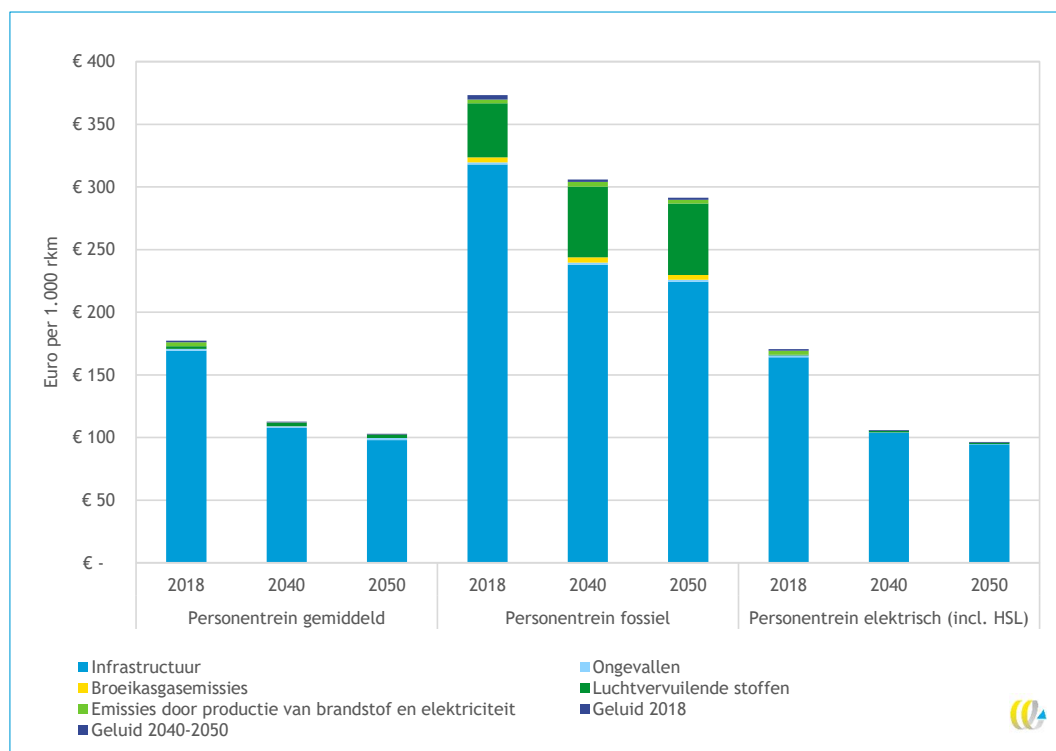
^b De uitkomsten voor deze kostenposten zijn erg onzeker voor 2040 en 2050 omdat er geen informatie beschikbaar was voor gedetailleerde berekeningen.

Figuur 24 en Figuur 25 geven de gemiddelde kosten van personentreinen weer in de scenario's WLO-Laag en WLO-Hoog. De infrastructuurkosten zijn dominant in vergelijking tot de andere kostenposten. Om deze reden hebben wij in Figuur 26 en Figuur 27 dezelfde data weergegeven zonder de infrastructuurkosten. Het valt ten eerste op dat de gemiddelde infrastructuurkosten dalen. Dit komt voornamelijk door een intensievere benutting van de spoorinfrastructuur in 2040 en 2050 t.o.v. 2018; het treinverkeer neemt toe zonder dat het spoorwegennet na 2030 nog wordt uitgebreid. Van de overige externe kostenposten zijn alleen de kosten van luchtvervuilende stoffen van dieselpersonentreinen aanzienlijk. Deze kosten zijn in WLO-Hoog hoger dan in WLO-Laag, omdat de waardering hoger is.

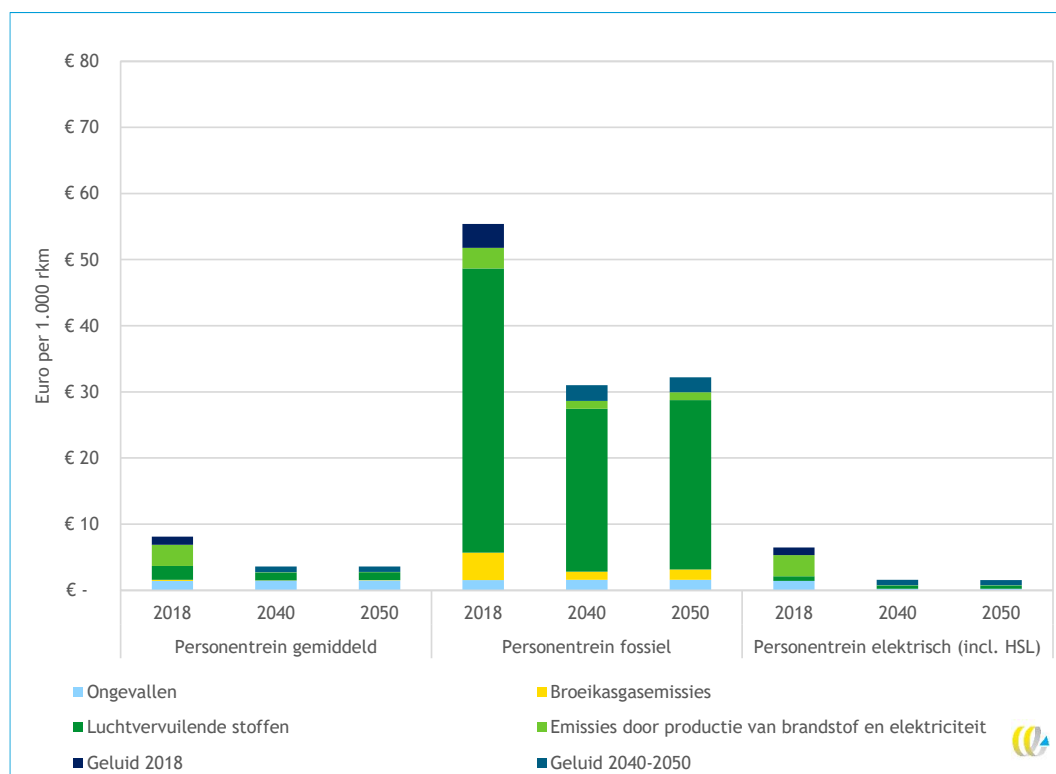
Figuur 24 - Gemiddelde externe en infrastructuurkosten van personenspoorvervoer in 2018 en op lange termijn per kostenpost in WLO-Laal (€ per 1.000 rkm)



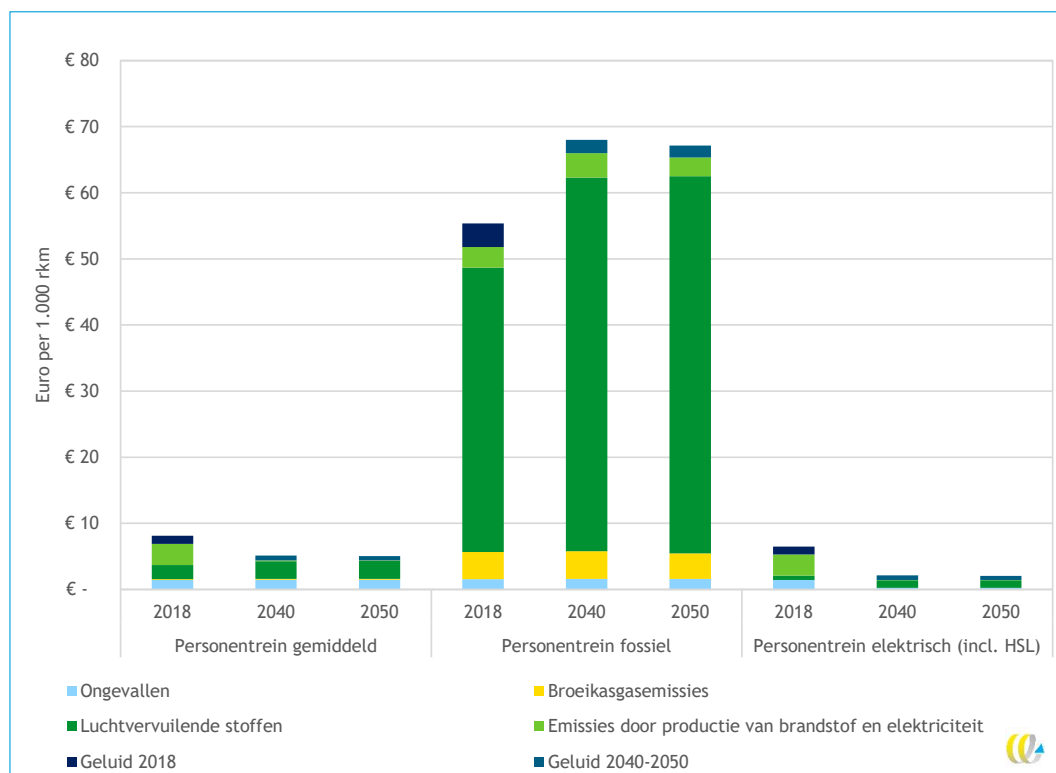
Figuur 25 - Gemiddelde externe en infrastructuurkosten van personenspoorvervoer in 2018 en op lange termijn per kostenpost in WLO-Hoog (€ per 1.000 rkm)



Figuur 26 - Gemiddelde externe kosten van personenspoorvervoer in 2018 en op lange termijn per kostenpost in WLO-Laag (€ per 1.000 rkm)



Figuur 27 - Gemiddelde externe kosten van personenspoorvervoer in 2018 en op lange termijn per kostenpost in WLO-Hoog (€ per 1.000 rkm)



Goederentrein

Tabel 18 geeft de totale externe en infrastructuurkosten van goederentreinen op de langere termijn weer. De totale infrastructuurkosten dalen sterk. Dit komt omdat de aanleg van de Betuwelijn in 2040 grotendeels is afgeschreven, waardoor het vervoer over dit stuk spoor een stuk minder vaste kosten krijgt toegerekend. De verschillende waardering van broeikasgasemissies en brandstof- en elektriciteitsproductie zorgt dat deze kosten in WLO-Hoog hoger zijn in vergelijking met WLO-Laag.

Tabel 18 - Totale externe en infrastructuurkosten van goederenspoorvervoer in 2018 en op lange termijn per kostenpost (mln. €)

Voertuigtype	Jaar	Infra-structuur	Onge-vallen	Broeikas-gas-emissies ^a	Lucht-vervuilende stoffen	Brandstof- en elektriciteits-productie ^a	Geluid ^b
Goederentrein totaal	2018	608	1,2	2,0	21	6,2	5,9
	2040 laag	295	1,7	1,4	8,6	1,6	5,9
	2040 hoog	326	2,0	6,7	23	6,6	5,9
	2050 laag	254	1,8	2,1	9,2	1,8	5,9
	2050 hoog	309	2,3	11	26	8,3	5,9
Goederentrein fossiel	2018	132	0,34	2,0	20	1,5	1,7
	2040 laag	29	0,17	1,4	6,8	1,4	0,6
	2040 hoog	32	0,21	6,7	18	6,0	0,6
	2050 laag	25	0,18	2,1	7,4	1,6	0,6
	2050 hoog	30	0,23	11	21	7,9	0,6
Goederentrein elektrisch	2018	476	0,90	-	1,2	4,7	4,3
	2040 laag	266	1,5	-	1,8	0,246	5,3
	2040 hoog	294	1,8	-	4,1	0,60	5,3
	2050 laag	229	1,6	-	1,9	0,265	5,3
	2050 hoog	278	2,1	-	4,7	0,35	5,3

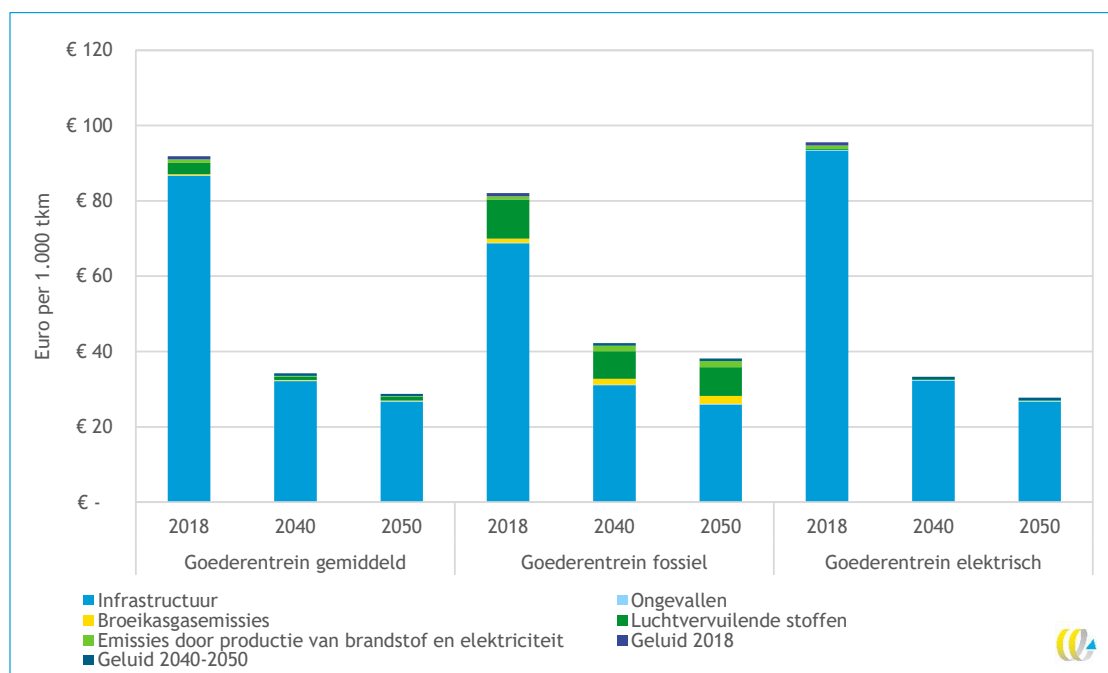
^a De kosten van broeikasgasemissies zoals hier gepresenteerd voor 2018 zijn bepaald met behulp van de CO₂-prijzen die aansluit bij WLO-Hoog.

^b De uitkomsten voor deze kostenposten zijn erg onzeker voor 2040 en 2050 omdat er geen informatie beschikbaar was voor gedetailleerde berekeningen.

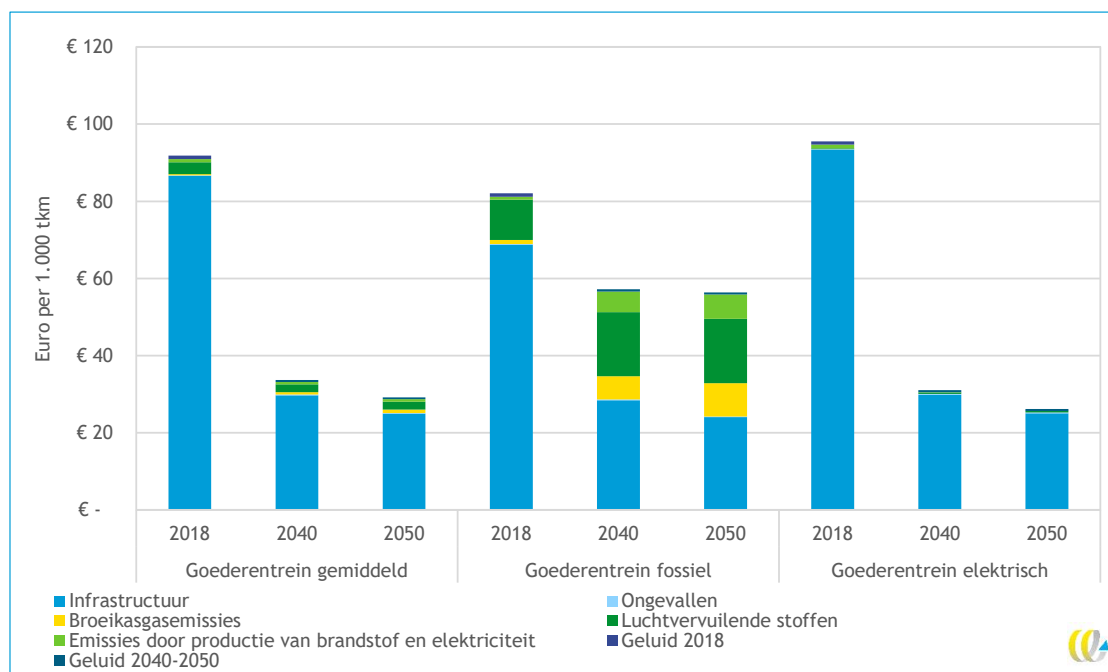
Figuur 28 en Figuur 29 geven de gemiddelde kosten van goederentreinen weer in de scenario's WLO-Laag en WLO-Hoog. Omdat infrastructuurkosten dominant zijn in vergelijking met de overige kostenposten hebben wij ook Figuur 30 en Figuur 31 toegevoegd, waarin dezelfde data is weergegeven maar dan zonder de infrastructuurkosten.

In alle scenario's dalen de gemiddelde infrastructuurkosten sterk. Dit komt omdat er geen nieuwe aanleg van spoorinfrastructuur is verondersteld en de aanleg van bijvoorbeeld de Betuwelijn is afgeschreven. Van de overige kostenposten zijn voornamelijk de kosten van luchtvervuiling bij dieselgoederentreinen in WLO-Laag significant. Deze kosten dalen aanzienlijk als gevolg van een lagere waardering en verschoning van het wagenpark. In WLO-Hoog is een vergelijkbare daling van de gemiddelde emissies berekend, maar doordat de waardering hoger is komen dalen de kosten toch minder.

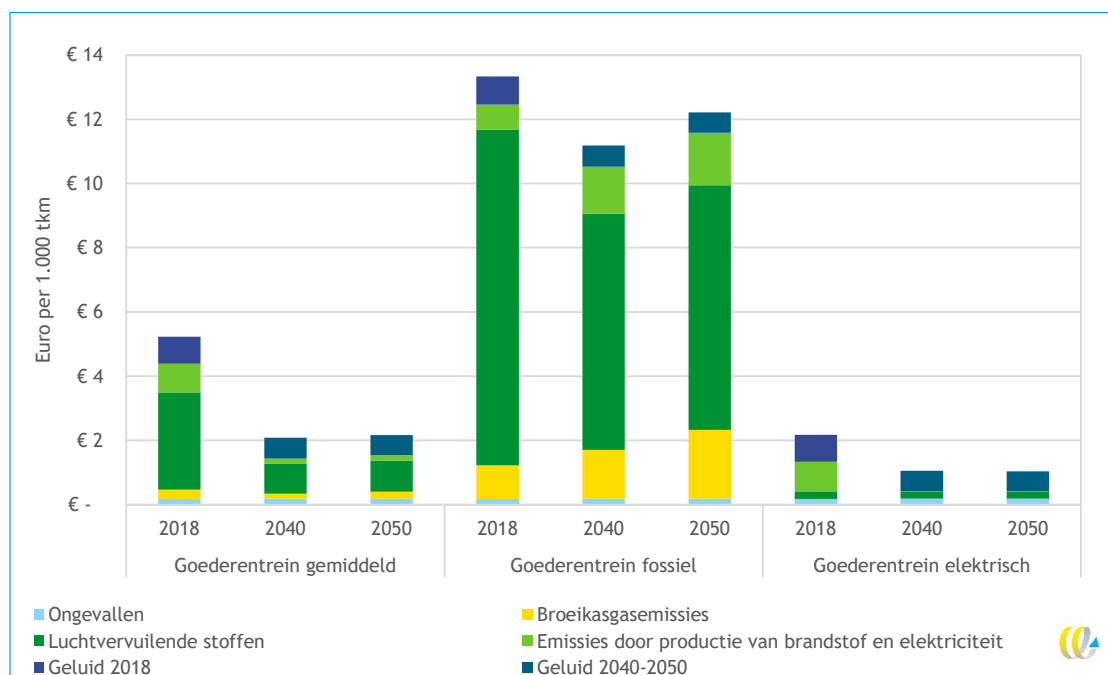
Figuur 28 - Gemiddelde externe en infrastructuurkosten van goederenspoorvervoer in 2018 en op lange termijn per kostenpost in WLO-Laag (€ per 1.000 tkm)



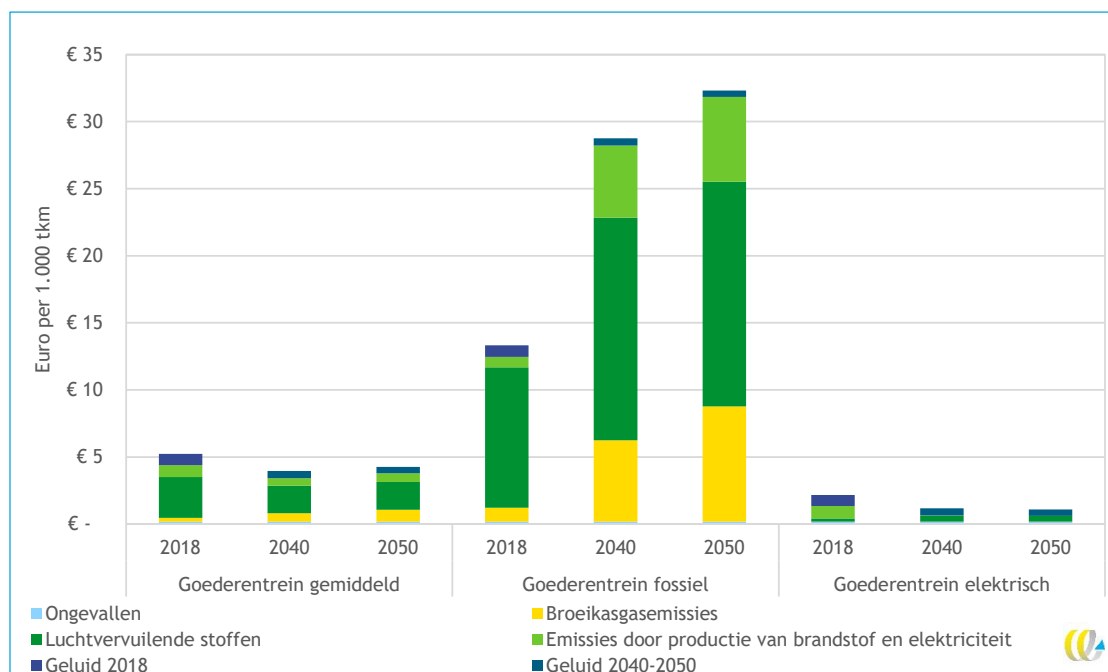
Figuur 29 - Gemiddelde externe en infrastructuurkosten van goederenspoorvervoer in 2018 en op lange termijn per kostenpost in WLO-Hoog (€ per 1.000 tkm)



Figuur 30 - Gemiddelde externe kosten van goederenspoorvervoer in 2018 en op lange termijn per kostenpost in WLO-Laag (€ per 1.000 tkm)



Figuur 31 - Gemiddelde externe kosten van goederenspoorvervoer in 2018 en op lange termijn per kostenpost in WLO-Hoog (€ per 1.000 tkm)



2.3.7 Binnenvaart

Tabel 19 geeft de totale externe en infrastructuurkosten van binnenvaart op de langere termijn weer. De totale kosten zijn hoger in WLO-Hoog dan in WLO-Laag, omdat de omvang van het goederenvervoer met de binnenvaart groter is in WLO-Hoog. Ook speelt mee dat emissies hoger worden gewaardeerd in WLO-Hoog.

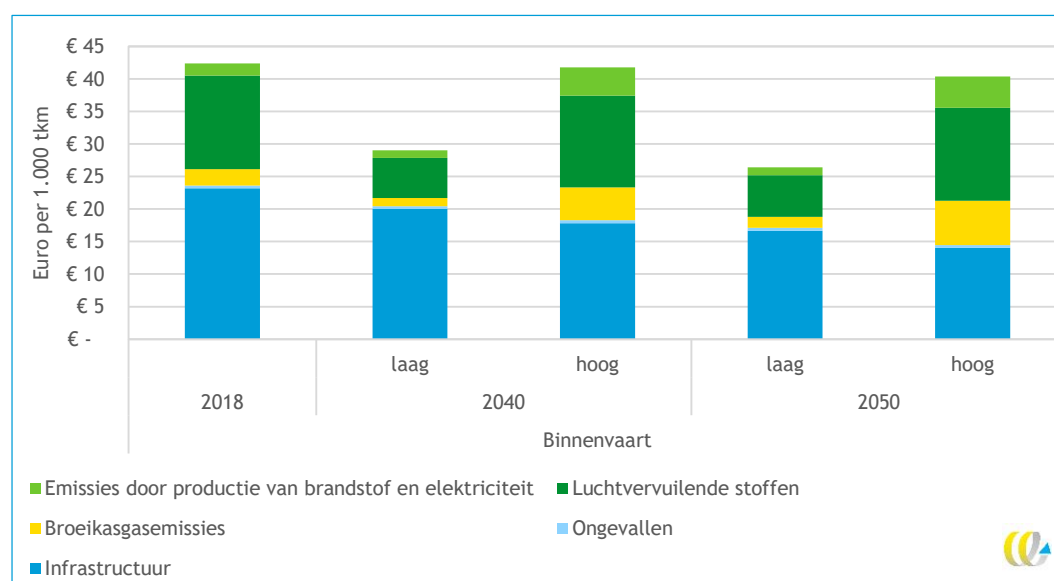
Tabel 19 - Totale externe en infrastructuurkosten van binnenvaart in 2018 en op lange termijn per kostenpost (mln. €)

Jaar	Infrastructuur	Ongevallen	Broeikasgas-emissies ^a	Luchtvervuilende stoffen	Brandstof- en elektriciteitsproductie ^a
2018	1.096	19	118	679	89
2040 laag	997	21	63	306	58
2040 hoog	997	24	283	788	241
2050 laag	858	22	87	329	64
2050 hoog	858	26	419	872	296

^a De kosten van broeikasgasemissies zoals hier gepresenteerd voor 2018 zijn bepaald met behulp van de CO₂-prijs die aansluit bij WLO-Hoog.

Figuur 32 geeft de gemiddelde kosten van binnenvaart weer voor het scenario's WLO-Laag en WLO-Hoog. De gemiddelde infrastructuurkosten, die een groot aandeel hebben in de kosten, dalen licht. Dit komt omdat er geen uitbreiding van de vaarwegen is verondersteld. De grootste variatie tussen de scenario's is zichtbaar in de gemiddelde kosten van broeikasgasemissies en brandstof- en elektriciteitsproductie. Deze kosten zijn in WLO-Hoog hoger dan in WLO-Laag door de hogere waardering die in WLO-Hoog wordt toegepast. Over de tijd nemen deze licht toe, wat verklaard kan worden doordat de CO₂-prijzen stijgen. De gemiddelde kosten van luchtvervuilende stoffen nemen juist af in de toekomst door de verschoning van de binnenvaartvloot.

Figuur 32 - Gemiddelde externe en infrastructuurkosten van binnenvaart in 2018 en op lange termijn per kostenpost (€ per 1.000 tkm)



2.3.8 Luchtvaart

Tabel 20 geeft de totale externe en infrastructuurkosten van luchtvaart op de langere termijn weer. Omdat er, met name in de personenluchtvaart, veel groei wordt verondersteld in de WLO-scenario's, nemen de totale kosten van infrastructuur en ongevallen toe. De totale kosten van broeikasgasemissies, brandstofproductie en luchtvervuiling nemen echter af in WLO-Laag terwijl deze kosten toenemen in WLO-Hoog. Dit komt me name door de hogere waardering van emissies in WLO-Hoog.

De personenluchtvaart groeit vooral sterk in WLO-Hoog. De goederenluchtvaart, daarentegen, is juist groter in WLO-Laag, omdat verondersteld is dat, door krapte op Schiphol, er minder capaciteit voor goederenvluchten is. Echter, de gemiddelde kosten van goederenvliegtuigen nemen wel toe in het hoge scenario doordat de waardering van CO₂-emissies in WLO-Hoog sterk toenemen in de tijd.

Tabel 20 - Totale kosten van luchtvaart in 2018 en op lange termijn per kostenpost (mln. €)

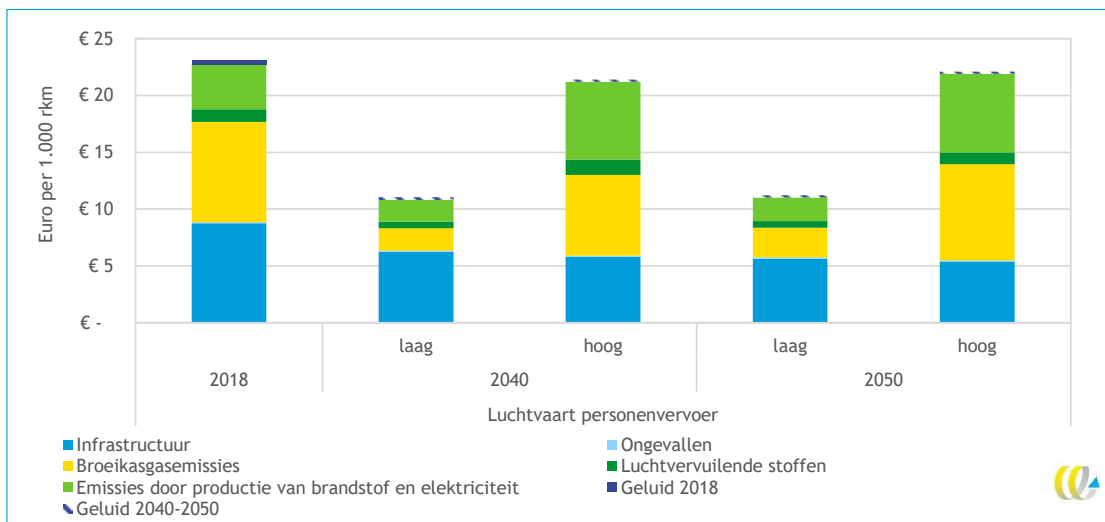
Voertuigtype	Jaar	Infra	Ongevallen	Broeikasgasemissies ^a	Luchtvervuilende stoffen	Brandstof- en elektriciteitsproductie ^a	Geluid ^b
Luchtvaart personenvervoer	2018	954	11	962	119	427	39
	2040 laag	1.090	18	345	102	336	39
	2040 hoog	1.132	20	1.388	266	1.336	41
	2050 laag	1.150	21	534	119	425	40
	2050 hoog	1.182	23	1.860	225	1.522	41
Luchtvaart goederenvervoer	2018	100	0,65	332	35	147	5,7
	2040 laag	117	1,1	127	36	123	5,4
	2040 hoog	108	0,89	360	63	346	4,0
	2050 laag	123	1,3	193	42	153	5,3
	2050 hoog	109	0,92	443	51	363	3,7

^a De kosten van broeikasgasemissies zoals hier gepresenteerd voor 2018 zijn bepaald met behulp van de CO₂-prijs die aansluit bij WLO-Hoog.

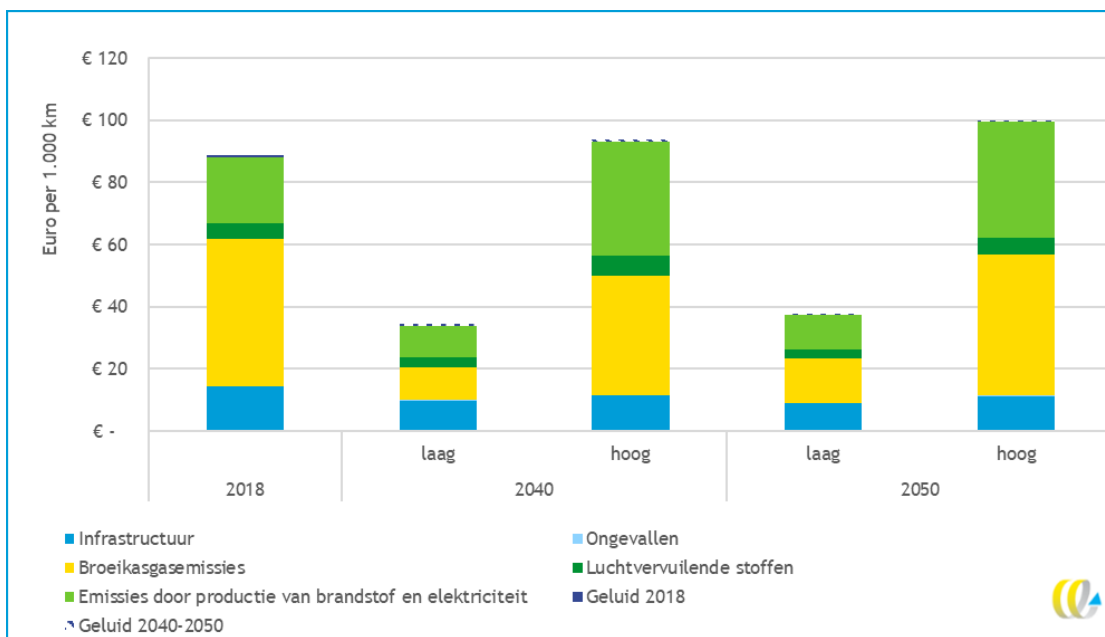
^b De uitkomsten voor deze kostenposten zijn erg onzeker voor 2040 en 2050 omdat er geen informatie beschikbaar was voor gedetailleerde berekeningen.

Figuur 33 en Figuur 34 geven de gemiddelde kosten van personen- en goederenluchtvaart weer. In WLO-Laag nemen de gemiddelde kosten van zowel personen- als goederenluchtvaart sterk af. Dit komt met name door een daling in de kosten van de emissies van broeikasgassen en luchtvervuilende stoffen. In WLO-Hoog blijven de gemiddelde kosten juist redelijk constant. Dit komt omdat in dit scenario de daling in emissies (door efficiëntieverbeteringen) wordt gecompenseerd door hogere waardering van emissies.

Figuur 33 - Gemiddelde externe en infrastructuurkosten van personenluchtvaart in 2018 en op lange termijn per kostenpost (€ per 1.000 rkm)



Figuur 34 - Gemiddelde externe en infrastructuurkosten van goederenluchtvaart in 2018 en op lange termijn per kostenpost (€ per 1.000 tkm)



3 Methodologisch raamwerk

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk presenteren we het overkoepelende methodologische raamwerk voor deze studie. In Paragraaf 3.2 gaan we daartoe allereerst in op de definities van externe en infrastructuurkosten. In Paragraaf 3.3 bespreken we de methodologische uitgangspunten voor de doorkijk naar 2030, 2040 en 2050.

3.2 Definities van externe en infrastructuurkosten

Externe kosten zijn kosten voor derden die worden veroorzaakt door een vervoerswijze, maar die zonder overheidsingrijpen niet tot uitdrukking komen in de kosten voor de gebruiker. Deze externe kosten kunnen worden gedragen door andere verkeersdeelnemers (wat bijvoorbeeld het geval is bij congestiekosten), maar ook door actoren buiten de verkeerssector (bijvoorbeeld de overheid of de maatschappij als geheel).

Infrastructuurkosten zijn alle kosten voor aanleg, vernieuwing, onderhoud en beheer van transportinfrastructuur. In deze studie is transportinfrastructuur gedefinieerd als het fysieke en organisatorische netwerk dat de beweging tussen verschillende locaties mogelijk maakt (Lindberg, 1999). Onder deze definitie vallen dus niet alleen de fysieke infrastructuur zoals wegen, bruggen en kanalen, maar ook de organisatorische aspecten zoals verkeersregeling⁴. Een uitgebreide omschrijving van wat per voertuigcategorie is gekwantificeerd in de infrastructuurkosten is opgenomen in CE Delft, (2022).

Voor deze rapportage presenteren we totale en gemiddelde kosten. Gemiddelde kosten presenteren we in euro per 1.000 reizigerskilometer voor het personenvervoer en in euro per 1.000 tonkilometer voor het goederenvervoer. Voor bestelauto's drukken we de kosten uit in euro per 1.000 voertuigkilometer, omdat bestelauto's over het algemeen niet worden in gezet voor het vervoeren van personen of voor het vervoeren van grote vrachten.

3.3 Methodologische uitgangspunten

Alle resultaten in deze studie worden gepresenteerd voor de jaren 2018, 2030, 2040 en 2050. De resultaten voor 2018 zijn afkomstig uit de hoofd rapportage, de waarden voor 2030 zijn zo veel mogelijk gebaseerd op de Klimaat- en Energieverkenning (KEV) 2021 (PBL, 2021b). Voor 2040 en 2050 zijn de uitkomsten gebaseerd op de WLO-scenario's. De WLO gaat uit van twee scenario's: Scenario Hoog combineert een relatief hoge bevolkingsgroei met een hoge economische groei van ongeveer 2% per jaar. In scenario Laag gaat een beperkte demografische ontwikkeling samen met een gematigde economische groei van ongeveer 1% per jaar. De scenario's geven de bandbreedte aan waarbinnen de toekomst zich naar verwachting zal ontwikkelen. Voor de jaren 2040 en 2050 presenteren wij daarom een bandbreedte. Voor 2018 en 2030 wordt geen bandbreedte gegeven.

⁴ Brandstofinfrastructuur zoals tankstations en laadpalen voor elektrische auto's vallen niet binnen deze definitie.

De keuze voor 2018 als basisjaar betekent ook dat alle waarderingskentallen en kosten in deze studie zijn uitgedrukt in het prijsniveau voor 2018. Waar nodig zijn hiervoor de benodigde correcties uitgevoerd met behulp van relevante inflatiecijfers van het CBS. Conform de aanbevelingen van de Werkgroep Discontovoet (Ministerie van Financiën, 2015) gaan we er voor de waarderingskentallen van gezondheidseffecten vanuit dat die, in reële termen, constant zijn door de tijd heen⁵. We voeren dus geen correcties uit voor ontwikkelingen in het inkomensniveau over de tijd, zoals in vorige studies (CE Delft & VU (2004) en CE Delft & VU (2014)) wel werd gedaan. Voor de effecten op het klimaat, onomkeerbare effecten op natuur (incl. landbouw) en reistijdwaarderingen wordt, conform de aanbevelingen van de Werkgroep Discontovoet, wel gerekend met een relatieve prijsstijging over de tijd. De daarbij gehanteerde percentages worden verderop in het rapport toegelicht.

3.3.1 KEV 2030

Zoals gezegd sluiten we voor 2030 aan bij de Klimaat- en Energieverkenning (KEV), die onder leiding van PBL jaarlijks wordt uitgevoerd door verschillende partijen. De KEV doet op duidelijke en integrale wijze verslag van de volle breedte van het gevoerde klimaat- en energiebeleid en de verwachte effecten daarvan. Eens in de twee jaar worden in het kader van de KEV ook ramingen voor de luchtverontreinigende stoffen (incl. stikstof) gedaan (de laatste editie vond eind 2019 plaats). Aanleiding voor de KEV is de Klimaatwet (mei 2019). Deze biedt een kader voor de ontwikkeling van het beleid waarmee het kabinet de broeikasgasemissies in Nederland wil terugdringen tot een niveau dat in 2050 95 % lager ligt dan in 1990, met een streefdoel van 49 procent reductie in 2030. In 2019 kwam ook het Klimaat-akkoord tot stand waarmee het kabinet invulling gaf aan het doel voor 2030. De focus van de KEV ligt daarmee op de periode tot 2030.

De data voor het jaar 2030 die in deze toekomstverkenning gebruikt wordt sluit zoveel mogelijk aan bij de KEV. Voor transportgegevens en klimaatemissies betekent dit de KEV 2021. Voor de luchtvervuilende emissies wordt gebruikt gemaakt van de ramingen uit de KEV 2020. Wel zijn die uitkomsten geactualiseerd op basis van veranderingen in transportvolumes.

3.3.2 WLO 2040/2050

Voor 2040 en 2050 sluiten we aan bij de laatste versie van de 'Welvaart en Leefomgeving' (WLO) scenario's. De WLO-scenario's zijn omgevingsscenario's waarin een kwantitatief beeld is geschetst van hoe Nederland er in 2030, 2040 en 2050 uit zou kunnen zien. De eerste versie van de WLO-scenario's is verschenen in 2006 en inmiddels zijn de scenario's verscheidene keren bijgewerkt. Het doel van de WLO-scenario's is om mogelijke toekomstbeelden te schetsen die beleidsmakers houvast geven bij het ontwikkelen van beleid. De WLO-scenario's worden opgesteld door het Centraal Planbureau (CPB) en het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL).

De scenario's focussen op vier brede thema's: regionale ontwikkelingen en verstedelijking, mobiliteit, klimaat en energie en landbouw. In de scenario's is rekening gehouden met onzekerheden in ontwikkelingen in de bevolking en economische groei, technologie, internationaal klimaatbeleid en in de olieprijsen. De WLO gaat uit van twee referentiescenario's: Hoog en Laag. Scenario Hoog combineert een hoge economische groei van 2% per jaar met een relatief sterke bevolkingsaanwas. En in scenario Laag gaat een gematigde economische groei van 1% per jaar samen met een beperkte demografische ontwikkeling. Deze

⁵ De onderbouwing hierbij is dat een eventuele hogere waardering van gezondheid ten gevolge van inkomen kan worden weggestreepd tegenover het toegenomen aanbod van gezondheid dat beschikbaar komt door technologieverbetering.



referentiescenario's zijn beleidsarm ingevuld. Ze bieden daardoor een inzicht in toekomstige knelpunten en kansen en vormen zo een kader om na te denken over (toekomstig) beleid.

Voor 2040 en 2050 sluiten we, waar mogelijk, aan bij de meest recente update van de WLO-scenario's (PBL & CPB, 2020). Omdat niet alle benodigde data beschikbaar is vanuit de WLO-ramingen zijn we soms aangewezen op andere bronnen. We gaan op die momenten uit van een beleidsarme invulling zoals dat ook het geval is bij de WLO. In deze rapportage wordt duidelijk vermeldt welke databronnen zijn gebruikt voor de toekomstverkenning in de situaties waarin geen gebruik kon worden gemaakt van data vanuit de WLO.

Tekstbox 1 - Ontbrekend klimaatbeleid in de KEV en WLO

In deze studie sluiten wij aan bij de prognoses van de KEV 2021 en de WLO-scenario's. Beide prognoses zijn, in zekere mate, beleidsarm. Drie belangrijke beleidsvoorstellen die niet (volledig) meegenomen zijn in de KEV 2021 en de WLO-scenario's zijn:

1. Het Nederlandse Klimaatakkoord.
2. De Europese klimaatwet en 'Fit for 55'.
3. Regeerakkoord Rutte IV.

In de WLO-scenario's is een klimaatbeleid aangenomen dat leidt tot een wereldwijde temperatuurstijging van 2,5 tot 4 graden, wat niet overeenstemt met het Parijsakkoord (Uitbeijerse, 2020). In de KEV 2021 is een deel van de maatregelen uit het Klimaatakkoord wel meegenomen. Het 'Fit for 55'-programma en het aanvullende Nederlandse beleid uit het regeerakkoord Rutte IV zijn daarentegen ook in de KEV 2021 niet meegenomen. Een overzicht van alle relevante maatregelen en hoe deze zijn meegenomen in de KEV kan worden gevonden in (PBL et al., 2021).

Klimaatakkoord

In het Nederlandse Klimaatakkoord is afgesproken dat de uitstoot van broeikasgassen in 2030 49% lager is in vergelijking met 1990. Dit algemene doel wordt ondersteund door verscheidene concrete afspraken over bijvoorbeeld het stimuleren van elektrisch vervoer of de inzet van biobrandstoffen. Internationale lucht- en zeevaart vallen buiten de scope van het Klimaatakkoord.

Europese klimaatwet en 'Fit for 55'

In de Europese klimaatwet is vastgelegd dat de emissies van broeikasgassen in 2030 55% lager moeten zijn in vergelijking met 1990. Het 'Fit for 55'-pakket bestaat uit een reeks beleidsvoorstellen met als doel om de emissiereducties zoals vastgelegd in de klimaatwet te halen. Deze beleidsvoorstellen zijn nog niet van kracht, maar zouden met name na 2030 een grote impact kunnen hebben.

Regeerakkoord Rutte IV

Het regeerakkoord van het kabinet Rutte IV heeft de Nederlandse klimaatdoelstellingen aangescherpt tot minimaal 55% reductie van broeikasgassen in 2030 ten opzichte van 1990, met een streven naar 60% reductie. Ook worden streefdoelen genoemd van 70% reductie in 2035 en 80% reductie in 2040. Ook staan er in het regeerakkoord een aantal maatregelen opgenomen om deze hogere ambities te waarborgen.

Mocht het voorgestelde beleid werkelijkheid worden dan heeft het grote effecten, die per modaliteit verschillen. Voor het wegverkeer geldt dat de beleidsmaatregelen die niet in de KEV en/of WLO-scenario's zijn meegenomen waarschijnlijk zorgen voor een snellere overgang naar duurzame brandstoffen en aandrijfvormen. Voor de lucht- en zeevaart zijn de potentiële effecten mogelijk nog groter, omdat er voor deze modaliteiten momenteel weinig beleid is. Hierdoor is er in de WLO-scenario's en de KEV nog nauwelijks verduurzaming van deze sectoren verondersteld.



In het 'Fit for 55'-pakket zijn verscheidene beleidsvoorstellen opgenomen die een serieus effect kunnen hebben op de verduurzaming van deze sectoren:

- Voor de zeevaart betreft dit het 'FuelEU Maritime'-voorstel (EC, 2021g) toevoeging van Zeevaart aan EU ETS (EC, 2021c) en het voorstel voor de revisie van de 'Renewable Energy Directive' (EC, 2021d).
- Voor luchtvaart betreft dit het 'ReFuelEU Aviation'-voorstel (EC, 2021e) en de herziening van de ETS voor de luchtvaart (EC, 2021b).
- Voor beide sectoren en de binnenvaart zijn daarnaast de herziening van de 'Energy Taxation Directive' (EC, 2021a) en de 'Alternative Fuel Infrastructure Regulation' van belang (EC, 2021f).



4 Ontwikkeling van mobiliteit

Er zijn verscheidene ontwikkelingen die invloed hebben op de omvang en samenstelling van mobiliteit in de toekomst. Paragraaf 4.1 geeft een kwalitatieve beschrijving van de belangrijkste ontwikkelingen en de bijbehorende onzekerheden.

Voor de kwantitatieve prognoses sluiten wij in deze studie aan bij de prognoses voor de verkeersvolumes en macro-economische ontwikkelingen uit de KEV 2021 (PBL, 2021b) en de WLO-scenario's uit de IMA (Rijkswaterstaat, 2021). De belangrijkste uitgangspunten van deze scenario's zijn opgenomen in Paragraaf 4.2. Dit zijn scenario's die een specifiek pad naar de toekomst schetsen: een deel van de onzekerheden die in Paragraaf 4.1 worden besproken komen hier dus niet in terug.

4.1 Relevante ontwikkelingen

Algemene ontwikkelingen

Er zijn drie algemene ontwikkelingen die invloed hebben op de ontwikkeling van mobiliteit:

1. **De omvang van de bevolking.** Bij een groeiende bevolking zullen de verkeersvolumes toenemen. De algemene verwachting (PBL & CBS, 2019) is dat de bevolking blijft groeien tot 2040, al is een bepaalde scenario's ook een kleine krimp mogelijk.
2. **De inkomensgroei.** Bij een hogere economische groei zullen de verkeersvolumes hoger zijn omdat er meer vraag is naar transport. Ook heeft economische groei effect op onder andere technologische ontwikkelingen en de waardering van reistijd. De verwachting is dat het BBP per inwoner op de lange termijn zal blijven groeien (PBL & CBS, 2019). De hoogte van deze groei is echter vrij onzeker.
3. **Verstedelijking en verdichting.** Het is de verwachting dat een toenemend aandeel van de bevolking in de Randstedelijke gebieden zal wonen (PBL & CPB, 2020). Ten eerste heeft dit invloed op de voertuigen die worden ingezet. Ten tweede verandert de verdeling tussen gereden kilometers en bijbehorende emissies op stadswegen, buitenwegen en hoofdwegen. Ook kan dit effect hebben op congestie en de schadelijkheid van luchtvervuilende emissies doordat meer mensen beïnvloedt worden.

Technologische ontwikkelingen

Technologische ontwikkelingen kunnen grote effecten hebben op de mobiliteit van de toekomst. Wij onderscheiden vijf verschillende technologische trends:

1. **Verbetering van de efficiëntie van transport.** Door technologische vooruitgang wordt transport steeds efficiënter. Enerzijds zorgt dit voor minder uitstoot van broeikasgassen en luchtvervuilende stoffen per afgelegde kilometer. Anderzijds zorgt een efficiënter transportsysteem voor lagere kosten van transport, waardoor de volumes toenemen.
2. **Zero-emissietransport.** Door technologische vooruitgang op het gebied van elektrisch en waterstof vervoer zullen deze technologieën in het wegverkeer een steeds grotere rol innemen. Voor de lucht- en zeevaart zijn er extra uitdagingen, waardoor elektriciteit en waterstof misschien minder geschikt zijn, maar ook in deze sectoren zullen duurzame brandstoffen steeds meer worden toegepast. Welke technologieën in de toekomst dominant zijn is echter lastig te voorspellen. Dit is grotendeels afhankelijk van de ontwikkeling in de kosten. Zo lijkt de snelle kostendaling van elektrisch vervoer er momenteel op te wijzen dat licht verkeer vrijwel volledig gaat elektrificeren. Voor zwaar verkeer is het nog lastiger te zeggen wat de rol van respectievelijk waterstof, elektriciteit en biobrandstoffen zal zijn. Door technologische doorbraken zouden de huidige prognoses snel achterhaald kunnen worden.
3. **MaaS.** Mobility as a Service (MaaS) gaat om het plannen, boeken en betalen van al het mogelijke vervoer via apps. Technologische vooruitgang zorgt nu al voor een toename van MaaS. Deze trend zorgt ervoor dat voertuigbezit geen voorwaarde meer is om je gemakkelijk te kunnen verplaatsen. Mensen kunnen zonder een auto te bezitten toch gebruikmaken van bijvoorbeeld deelauto's. In theorie zorgt dit dan ook voor een afname in het autobezit, omdat meer mensen gebruik kunnen maken van hetzelfde voertuig. In de praktijk is het echter lastig in te schatten hoe groot de rol van deelmobiliteit zal worden en of dit daadwerkelijk gepaard gaat met een afname in autobezit en, belangrijker nog, autogebruik.
4. **Nieuwe vervoersconcepten.** De focus van de 'Prijs van een reis' ligt bij conventionele vervoersconcepten zoals personenauto's, vrachtauto's en fietsen, die nu al relevant zijn voor het vervoerssysteem. Het is echter goed denkbaar dat alternatieven zoals elektrische steps⁶ een belangrijkere rol gaan innemen in de toekomst. Nog verder in de toekomst is het ook mogelijk dat concepten zoals de 'hyperloop' snel verkeer tussen steden mogelijk maakt. Ook kunnen er nieuwe vervoersconcepten worden bedacht die nu nog helemaal niet bekend zijn. Deze trends zijn uitermate lastig in te schatten.
5. **Zelfrijdend verkeer.** Zelfrijdend verkeer is met een opmars bezig en kan mogelijk de standaard worden. Bepaalde vormen van zelfrijdend verkeer zijn al werkelijkheid: zo zijn er auto's die in overzichtelijke situaties, zoals op de snelweg, zelfstandig kunnen rijden. Constante oplettendheid van de chauffeur is echter nog wel vereist en de impact op het mobiliteitssysteem is nog beperkt. Volledig zelfrijdend en onderling communicerend verkeer, waarbij de bestuurder helemaal geen verantwoordelijkheid meer heeft, is echter nog toekomstmuziek. In de periode tot 2050 zullen langzaam meer functionaliteiten worden toegevoegd. Als deze ontwikkeling werkelijkheid wordt dan kan het potentieel grote positieve effecten hebben op verkeers efficiëntie en verkeersveiligheid. Het kan echter ook zorgen voor grotere verkeersvolumes, waardoor de effecten op luchtkwaliteit, klimaat en congestie onzeker zijn.

⁶ Elektrische steps zijn nu op de openbare weg in Nederland nog niet toegestaan maar in sommige andere landen al sterk aanwezig zijn in het straatbeeld



Gedragsveranderingen

De totale mobiliteit in Nederland wordt mede bepaald door de keuze van individuele mensen: neem je de auto of de fiets? En rijd je in de spits of mijd je deze juist? Als er in de toekomst maatschappijbrede gedragsveranderingen zijn, dan kan dit grote invloed hebben op de omvang en samenstelling van het verkeer. Voor al deze mogelijke gedragsveranderingen geldt echter dat ze moeilijk te voorspellen zijn.

De volgende mogelijke gedragsveranderingen achten wij relevant:

- **Keuze voor vervoerswijze.** Momenteel is de personenauto dominant in het personenvervoer. Voor verkeer over lange afstanden is de luchtvaart erg snel gegroeid. Er zijn echter ook trends van bepaalde groepen in de samenleving die hier tegenin gaan: zo is het concept ‘vliedschaamte’, wat wil zeggen dat je vanwege klimaatoverwegingen niet vliegt, een snel ingeburgerd begrip geworden. Ook zijn er trends naar meer ov- en fietsgebruik denkbaar. Andersom zijn er maatschappelijke trends naar steeds grotere auto’s en verdere reizen (met het vliegtuig). Het is dus erg lastig om te voorspellen hoe dit zich in de toekomst zal ontwikkelen.
- **Thuiswerken.** Door verbeterde digitale communicatiemiddelen zijn de opties om thuis te kunnen werken voor bepaalde beroepsgroepen sterk toegenomen. De coronapandemie heeft deze trend in een stroomversnelling gebracht⁷. Het is echter onduidelijk in hoeverre de door de overheid opgelegde gedragsveranderingen op de lange termijn stand houden. Zelfs in het scenario waar na de coronapandemie thuiswerken gangbaar blijft, is het sterk de vraag wat de impact hiervan is op de verkeersvolumes. Wanneer mensen minder woon-werkverkeer hebben, zullen zij namelijk naar verwachting meer kilometers afleggen voor andere reismotieven en op de langere termijn misschien verder van werk gaan wonen. Het is wel goed denkbaar een scenario met meer thuiswerken wel een grote impact op de congestie zou kunnen hebben: wanneer het woon-werkverkeer afneemt heeft dit een positieve impact op de filevorming.

4.2 Transportgegevens

De gegevens die in deze studie gebruikt zijn, zijn, waar mogelijk, afkomstig uit de KEV en de WLO. Voor enkele vervoerswijzen is er vanuit de WLO geen informatie beschikbaar. Dit geldt voor motorfietsen, bromfietsen en touringcars. Deze vervoerswijzen zijn daarom voor 2040 en 2050 niet meegenomen, ook al omdat voor deze vervoerswijzen ook geen data over emissies beschikbaar zijn.

De belangrijkste uitgangspunten zijn weergegeven in Tabel 21. De KEV geeft puntschattingen voor 2030 terwijl de WLO een bandbreedte op de lange termijn presenteert. Vandaar dat in meerdere gevallen de KEV uitkomst binnen de bandbreedte van de WLO-scenario’s ligt. De belangrijkste demografische ontwikkelingen is dat de bevolkingsomvang toeneemt. Daarnaast is er sprake van verstedelijking en verdichting rondom de grotere agglomeraties in Nederland. Hierin zitten grote verschillen tussen het lage en hoge WLO-scenario. Ook voor de gemiddelde inkomens is er een verwachte groei, al zijn er grote verschillen afhankelijk van het scenario.

⁷ De coronapandemie begon in Nederland in begin 2020. Dit is vanuit het oogpunt van de Prijs van een reis (basisjaar 2018) onderdeel van de toekomstverkenning. Echter, aangezien de studie in het jaar 2022 wordt geschreven, is een deel van deze ontwikkeling al werkelijkheid.

De KEV en WLO voorspellen in de meeste gevallen een groei van transportvolumes. Ook voor transportgegevens geldt dat de KEV inschattingen voor 2030 binnen de 2040 en 2050 bandbreedte van de WLO kunnen liggen. Dit geeft aan dat de langetermijntoewijking een stuk onzekerder is dan de ontwikkeling richting 2030. Sommige vervoerswijzen hebben een grotere variatie in de uitkomsten dan anderen. De range voor fietsen in 2050 (102-111) is een stuk kleiner dan de range voor personenauto's (102-144). De grootste groei voor personenvervoer wordt verwacht bij personentreinen en vliegtuigen.

Voor goederenvervoer geldt dat de groei van de meeste vervoerswijzen vergelijkbaar is. Uitzondering is de groei voor goederentreinen, die relatief groter dan bij de andere vervoerswijzen. Tegelijkertijd is het aandeel van goederentreinen in de totale transportvolumes nog steeds klein. Voor de goederenluchtvaart valt op dat de groei in WLO-Hoog lager is dan bij WLO-Laal. De reden hiervoor is dat Uitbeijerse, (2020) bij het hoge WLO-scenario ervan uitgaat dat er door de hoeveelheid personenluchtvaart minder ruimte op de landingsbanen is voor goederenvliegtuigen. Hierdoor zijn er in het hoge WLO-scenario minder vluchten van goederenvliegtuigen dan in het lage WLO-scenario.

Tabel 21 - Overzicht van belangrijkste ontwikkelingen vanaf 2018 (2018 = 100)

		2018	2030	2040		2050	
			KEV	WLO-Laal	WLO-Hoog	WLO-Laal	WLO-Hoog
			Index t.o.v. 2018				
Macro-economische gegevens	Bevolkingsomvang	17,3 mln.	107	105	116	104	120
	Bevolking in stedelijke gemeente/omgeving	60%	103	102	107	102	110
	Aandeel bevolking boven 65 jaar	19%	122	135	132	133	130
	BBP per inwoner	44,9 duizend euro/inwoner	108	110	134	120	153
Reizigerskilometers	Personenauto totaal	144,7 mld.	116	109	153	118	167
	Motorfiets	2,9 mld.	108	-	-	-	-
	Bromfiets	2,8 mld.	106	-	-	-	-
	Ov-bus totaal	11,9 mld.	99	107	122	109	131
	Touringcar	3,7 mld.	98	-	-	-	-
	Fiets	18,4 mld.	103	109	113	105	114
	Personentreinen totaal	19,6 mld.	119	143	169	151	188
	Luchtvaart	109,0 mld.	126	161	179	187	201
Voertuigkilometers	Bestelauto totaal	18,2 mld.	109	96	112	97	109
Tonkilometers	Vrachtauto totaal	66,7 mld.	109	101	125	103	138
	Goederentrein totaal	7,0 mld.	126	131	156	136	176
	Binnenvaart*	47,2 mld.	116	106	118	109	130
	Zeevaart*	2.025 mld.	119	113	135	120	155
	Luchtvaart	7,0 mld.	126	171	135	195	139

Achterliggende informatie bij de KEV 2021, geleverd door het PBL; de Integrale Mobiliteitsanalyse 2021, hoofdrapportage en verschillende achtergrondrapportages; hoofdrapportage de Prijs van een reis 2022.

5 Infrastructuurkosten

5.1 Inleiding

Infrastructuurkosten zijn een belangrijke kostenpost voor de mobiliteitssector. Binnen de infrastructuurkosten kan een onderscheid worden gemaakt tussen:

- **Aanlegkosten.** Alle kosten met betrekking tot de aanleg van nieuwe infrastructuur die leiden tot een verhoging van de functionaliteit van het bestaande infrastructuurnetwerk voor gebruikers.
- **Vernieuwingskosten.** Alle kosten met betrekking tot vernieuwing van de infrastructuur, om zodoende de kwaliteit van de infrastructuur te handhaven op het niveau van de vorige oplevering. De vernieuwde delen van de infrastructuur hebben een technische levensduur die langer is dan 1-2 jaar.
- **Onderhoudskosten.** Alle niet-vernieuwingskosten die bedoeld zijn om de kwaliteit van de infrastructuur te handhaven op het niveau van de vorige oplevering. Het gaat hierbij voornamelijk om kleinschalig onderhoud met een technische levensduur van minder dan 1-2 jaar.
- **Beheerkosten.** De kosten van de diensten die moeten worden geleverd om een efficiënt gebruik van de infrastructuur mogelijk te maken (o.a. politie, verkeersmanagement, etc.).

Bij de bepaling van de infrastructuurkosten wordt voor de aanleg- en vernieuwingskosten gewerkt met een tijdreeks van 35 jaar aan uitgaven. Op basis van die tijdreeks wordt voor het zichtjaar de jaarlijkse afschrijvings- en financieringskosten bepaald. Hierbij hebben wij voor jaren tot 2018 dezelfde discontovoet gehanteerd als in CE Delft (2022). In jaren na 2018 hebben wij, in lijn met het advies van de Werkgroep Discontovoet, een reële discontovoet van 1,6% gehanteerd⁸. Voor de bepaling van de onderhouds- en beheerskosten wordt daarentegen uitgegaan van de lopende uitgaven in het zichtjaar.

5.2 Ontwikkelingen richting 2050

In de toekomstige ontwikkelingen van de infrastructuurkosten maken wij onderscheid tussen het wegverkeer, spoorvervoer, de binnenvaart, de zeevaart en de luchtvaart. De reden hiervoor is dat de infrastructuur voor deze verschillende vervoersvormen grotendeels onafhankelijk van elkaar is. Voor alle modaliteiten geldt dat infrastructuur in de toekomst een belangrijke kostenpost voor het verkeer blijft.

Prijzen van materialen en arbeid zijn bepalende factoren voor de toekomstige ontwikkeling van de infrastructuuruitgaven en dus ook -kosten. Het is echter lastig in te schatten hoe deze trends zich zullen ontwikkelen. Om deze reden hebben wij geen expliciete aannames gemaakt voor de toekomstige ontwikkelingen op dit vlak. In plaats daarvan zijn we ervan uitgegaan dat deze prijzen in reële termen constant blijven.

⁸ Deze discontovoet geldt voor vaste, verzonken kosten.

5.2.1 Wegvervoer

De bepaling van de infrastructuurkosten van het wegvervoer bestaat uit twee stappen:

1. Bepalen van de totale infrastructuurkosten van al het wegverkeer.
2. Toedeling van deze kosten naar de verschillende vervoerswijzen.

Aan de hand van deze twee stappen lichten we de bepaling van de toekomstige infrastructuurkosten nader toe.

Totale infrastructuurkosten wegverkeer

Aanlegkosten

Historisch gezien staat een groei van de verkeersvolumes in verband met uitbreidingen van het wegennet: wanneer de capaciteit van de weg gaat knellen is het logische moment om de capaciteit uit te breiden. Het is dan ook aannemelijk dat dit in de toekomst ook zal gelden. Echter, door gedragsveranderingen als gevolg van de coronapandemie zoals meer thuiswerken en spitsmijden zijn er minder files op de wegen. Als deze trends langdurig blijken te zijn dan kan er in de toekomst meer verkeer gebruikmaken van de huidige wegcapaciteit zonder dat congestie een groot probleem wordt⁹. Het is dus mogelijk dat er de komende jaren (relatief) minder aanleg van nieuwe wegen nodig is.

Tot 2030 sluiten wij ons aan bij de vastgestelde infrastructurele projecten conform het MIRT¹⁰. Dit komt overeen met de onderliggende aannames bij de Integrale Mobiliteitsanalyse 2021 (Rijkswaterstaat, 2021). Na 2030 zijn er in de IMA 2021 geen verdere weguitbreidingen van het hoofdwegennet opgenomen. Om deze reden hebben wij aangenomen dat er na 2030 geen aanleguitgaven zijn.

Voor het onderliggend wegennet hebben wij geen beschikking over specifieke ramingen voor de aanleg van infrastructuur. Wij hebben daarom verondersteld dat de aanleguitgaven vanaf 2018 reëel gelijk zijn aan het gemiddelde van de jaren 2000-2018. In de IMA zijn er ook geen uitbreidingen van het onderliggend wegennet opgenomen na 2030. Daarom hebben wij verondersteld dat er geen nieuwe aanleguitgaven zijn na 2030.

Vernieuwing

Bij de berekening van de vernieuwingskosten voor het hoofdwegennet in het jaar 2018 hebben wij ons gebaseerd op normkosten (CE Delft, 2022). Aangezien er geen toekomstige raming is voor deze normkosten hebben wij de reële groei van de vernieuwingskosten ingeschat op basis van de ontwikkeling van de voertuigkilometers op het hoofdwegennet. Voor het onderliggend wegennet hebben we dezelfde methodiek toegepast.

Kosten van onderhoud, beheer en vernieuwing zijn (deels) afhankelijk van het gebruik van de infrastructuur: hoe meer er gebruikgemaakt wordt van de wegen, hoe meer het kost om deze in goede staat te houden en te beheren. De uitgaven liggen echter niet altijd in lijn met de kosten. In de praktijk is er de afgelopen jaren structureel te weinig geïnvesteerd in het onderhoud van de wegen (Ministerie van I&W, 2021). Dit betekent dat er in de komende

⁹ In de Klimaat- en Energieverkenning 2021 wordt ervan uitgegaan dat de verkeersvolumes ook op de lange termijn naar beneden bijgesteld moeten worden doordat er meer wordt thuisgewerkt (PBL, 2021a).

¹⁰ Dit betreft MIRT-categorie 0 (gerealiseerd), MIRT-categorie 1 (planuitwerking) en MIRT-categorie 2 (verkenningen, alleen A1-A30 en A2 Deil-Vught).



jaren meer zal moeten worden uitgegeven om deze achterstanden in te halen. In de rekenmethodiek voor de infrastructuurkosten in 2018 wordt echter uitgegaan van normkosten in plaats van daadwerkelijke uitgaven¹¹. Bij de normkostenmethodiek worden de jaarlijkse infrastructuuruitgaven zodanig vastgesteld dat de kwaliteit van de infrastructuur op een vastgesteld basisoniveau kan worden gehouden. Door deze methodiek te hanteren worden de resultaten niet vertekend door fluctuaties in uitgavenpatronen. Dit betekent ook dat het achterstallig onderhoud niet tot een te lage inschatting van de infrastructuurkosten in 2018 heeft geleid. Voor de inschatting voor 2030 betekent dit dat het tekort aan investeringen in de periode tot 2018 geen effect heeft op ingeschatte vernieuwingskosten (dus geen extra uitgaven om achterstallige vernieuwing weg te werken).

Onderhoud en beheer

Zowel voor het onderliggend wegennet als het hoofdwegennet is een reële groeivoet van 1,5% per jaar voor de uitgaven aan onderhoud en beheer goed in lijn met de historische trend. Wij nemen aan dat deze jaarlijkse groei doorzet naar de toekomst.

Parkeren

Wij veronderstellen dat de reële kosten van parkeerplaatsen (zowel aanleg als exploitatie) groeien met de omvang van het personenautowagenpark.

Fiets

Wij veronderstellen dat de infrastructuurkosten voor fietspaden groeien met de kilometers die jaarlijks worden gefietst. De onderbouwing bij deze aanname is dat een groot deel van de infrastructuurkosten voor fietspaden variabel van aard zijn en dus meebewegen met de omvang van het fietsverkeer. De vaste kosten van fietsinfrastructuur (bijv. aanlegkosten) worden voor een belangrijk deel ook verklaard vanuit de capaciteitsvraag naar deze infrastructuur en die is weer sterk afhankelijk van het verwachte aantal fietskilometers. De ontwikkeling in het aantal fietskilometers lijkt daarmee een belangrijke indicator om de groei in de uitgaven aan fietsinfrastructuur te voorspellen.

Toedeling naar vervoerswijzen

Wij hanteren voor de prognosejaren dezelfde methodiek voor de toedeling van de totale infrastructuurkosten van het wegverkeer naar de verschillende vervoerswijzen als voor het jaar 2018. Mogelijke verschuivingen in gemiddelde voertuiggewichten of personenauto-equivalenten (die beiden als indicator worden gebruikt om een deel van de kosten toe te wijzen) zouden invloed kunnen hebben op deze toewijzing. Wij veronderstellen echter dat de gemiddelde gewichten en personenauto-equivalenten van de verschillende vervoerswijzen gelijkblijven over de jaren.

Ontwikkelingen in de vervoersprestatie van verschillende voertuigcategorieën worden wel meegenomen in de gehanteerde toedelingsmethodiek.

In de prognosejaren 2040-2050 presenteren wij geen resultaten voor touringcars en brom- en motorfietsen. Deze categorieën hebben wij echter wel meegenomen in de toedelingsmethodiek: als wij dit niet zouden doen, dan zouden alle infrastructuurkosten worden toegedeeld aan slechts een gedeelte van de voertuigcategorieën die gebruikmaken van de weg.

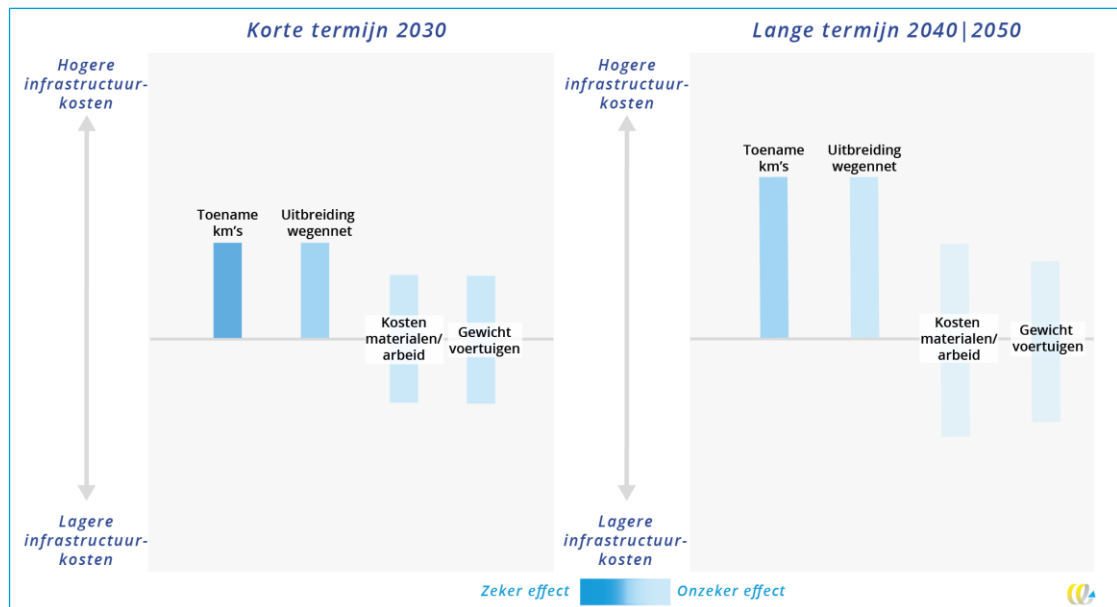
¹¹ De methodologie is uitgelegd in de studie CE Delft, (2022).

Wij hebben voor deze toedeling aangenomen dat de verkeersvolumes van touringcars, bromfietsen en motorfietsen gelijk zijn aan de volumes in 2030 volgens de KEV 2021 (zie Tabel 21).

Samenvatting belangrijkste ontwikkelingen

Figuur 35 vat de belangrijke ontwikkelingen die de toekomstige infrastructuurkosten voor het wegverkeer beïnvloeden samen. Hoe onzekerder de factor, hoe lichter de kleur waarin de ontwikkeling is weergegeven. Zoals hierboven weergegeven worden de ontwikkelingen in verkeersvolumes en uitbreidingen van het wegennet meegenomen in onze kwantitatieve analyses. De kosten van materialen/arbeid en het gemiddelde gewicht van voertuigen wordt daarentegen constant verondersteld.

Figuur 35 - Ontwikkelingen van invloed op infrastructuurkosten wegverkeer



5.2.2 Spoor

Voor zowel het goederen- als personentreinverkeer is de verwachting dat de volumes toe zullen blijven nemen in de toekomst (zie Tabel 21). Deze ontwikkeling wordt samen met de verwachte uitbreidingen van het spoornetwerk meegenomen bij de bepaling van de toekomstige infrastructuurkosten.

Wanneer we specifiek kijken naar de verschillende kostensoorten, dan is de volgende aanpak gehanteerd om die voor de toekomstige jaren in te schatten:

- **Aanleg:** Tot 2030 baseren wij ons op de gereserveerde budgetten voor de aanleg van spoor, zoals die in de Rijksbegroting staan vermeld. Na 2030 veronderstellen wij dat er geen nieuwe aanleg van spoorinfrastructuur is. Dit is in lijn met de aannames in de IMA.
- **Vernieuwing:** Tot 2035 staan in de Rijksbegroting de gereserveerde budgetten voor de vernieuwing van spoor vermeld. Na 2035 extrapoleren wij de trend op basis van de gemiddelde jaarlijkse aanleguitgaven voor de periode 2020-2035.

- **B&O:** Tot 2035 staan in de Rijksbegroting de gereserveerde budgetten voor het beheer en onderhoud van spoor vermeld. Naast deze uitgaven aan B&O wordt ook de gebruiksvergoeding aan ProRail meegerekend, aangezien die een vergoeding vormen voor het uitgevoerde beheer en onderhoud. De gebruiksvergoeding van ProRail wordt berekend volgens een formule die onder andere af hangt af van het gewicht van de treinen en het aantal treinkilometers (ProRail, 2021). Wij hebben de praktische afweging gemaakt om de toekomstige gebruiksvergoeding te bepalen door de huidige vergoeding te schalen op basis van de verwachte ontwikkeling in de afgelegde treinkilometers.

5.2.3 Binnenvaart

De vervoersprestatie van de binnenvaart neemt naar verwachting toe (zie Tabel 21). Dit zorgt voor hogere toekomstige infrastructuurkosten. Naast deze ontwikkeling nemen we ook de verwachte ontwikkelingen m.b.t. het netwerk aan binnenvaartinfrastructuur mee in de bepaling van de toekomstige kosten.

Aanleg en vernieuwing

Wij schatten de aanleguitgaven voor de Rijksvaarwegen tot 2030 in op basis van de gereserveerde budgetten uit de rijksbegrotingen. Na 2030 nemen wij, in lijn met de IMA 2021, aan dat er geen uitgaven meer zijn voor de aanleg van nieuwe infrastructuur.

Voor de overige vaarwegen zijn geen toekomstramingen van de infrastructuurkosten bekend. De reële jaarlijkse aanleguitgaven zijn in de periode 2000-2018 relatief constant gebleven. Om deze reden veronderstellen wij dat de jaarlijkse aanleguitgaven van overige vaarwegen in de periode 2018-2030 gelijk zijn aan het gemiddelde van de periode 2000-2018. Na 2030 zijn geen uitgaven voor de aanleg van nieuwe infrastructuur verondersteld.

Onderhoud en Beheer

Ook de reële jaarlijkse uitgaven aan onderhoud en beheer van de binnenvaart zijn relatief constant geweest in de periode 2000-2018. Om deze reden hebben wij gekozen om in de toekomst het gemiddelde aan te nemen van de jaarlijkse uitgaven in de periode 2000-2018.

Echter, ook in de binnenvaart is er, net als bij het wegvervoer, de afgelopen jaren te weinig uitgegeven aan onderhoud (Ministerie van I&W, 2021). Wij zijn bij de bepaling van de gemiddelde O&B-kosten van de binnenvaart in 2018 uitgegaan van de daadwerkelijke uitgaven (CE Delft, 2022). In feite zijn de berekende kosten voor het jaar 2018 dus een onderschatting van de daadwerkelijke kosten. Wij hebben er echter voor gekozen om geen correctie uit te voeren voor deze onderschatting in de toekomstverkenning, aangezien dit de vergelijkbaarheid met de resultaten uit de hoofdrapportage zou verminderen.

5.2.4 Zeevaart

Er zijn geen ramingen van de toekomstige infrastructurele uitgaven van de zeevaartsector in Nederland.

Wij staan wel kort stil bij de verwachte ontwikkelingen die invloed kunnen hebben op de infrastructuurkosten van de zeevaart. Ten eerste is de verwachting dat de goederenoverslag van de zeevaart toe zal nemen (zie Tabel 21). Dit zal zeker voor een toename van de variabele kosten leiden. Het is lastiger om in te schatten hoe dit door werkt in de vaste kosten. De tweede Maasvlakte in Rotterdam is bijvoorbeeld ‘op de groei’ aangelegd. Het is dus



waarschijnlijk dat (een deel van) de verwachte groei in goederenoverslag kan worden opgevangen zonder dat er grote uitbreidingen moeten worden gedaan in de havens.

Voor het jaar 2030 hebben wij wel een inschatting van de infrastructuurkosten gemaakt op basis van de volgende aannames:

- **aanleg en vernieuwing:** totale reële kosten zijn gelijk aan 2018;
- **B&O vast:** totale reële kosten zijn gelijk aan 2018;
- **B&O variabel:** reële kosten groeien met de goederenoverslag in Nederlandse zeehavens.

Voor de zichtjaren 2040 en 2050 in de WLO-scenario's hebben wij geen kwantitatieve doorrekening gemaakt. De reden voor deze keuze is dat er zowel voor infrastructuur als voor andere kostenposten te weinig aanknopingspunten waren voor een berekening.

5.3 Luchtvaart

De luchtvaart is in de periode 2010-2018 sterk gegroeid. In de raming van de KEV 2021 en de WLO (PBL, 2021a) blijft deze groei zich voortzetten tot 2030 (een tijdelijke daling in de vliegbewegingen door de coronacrisis uitgezonderd). Deze prognose heeft als onderliggende aanname dat Lelystad Airport in gebruik wordt genomen en dat het aantal toegestane vluchten vanaf Schiphol mag groeien tot boven de 500.000 vluchten per jaar. Er is echter vanuit klimaat- en geluidsoverwegingen onzekerheid of beiden daadwerkelijk gaan gebeuren. Zo is de opening van Lelystad Airport al jaren uitgesteld. Wanneer groei van de luchtvaart op dergelijke wijze wordt beperkt, heeft dit invloed op zowel het aantal vluchten als de infrastructurele kosten. Dit is Tekstbox 2 verder toegelicht.

Tekstbox 2 - Invloed van opening Lelystad airport

Het wel of niet openen van Lelystad Airport heeft een significant effect op de toekomstige infrastructuurkosten. In deze tekstbox hebben wij een korte toelichting opgenomen waarmee de consequenties van het wel/niet openen van Lelystad Airport op de resultaten van deze studie worden verhelderd.

Hoe beïnvloedt Lelystad Airport de infrastructuurkosten in 2018?

In de huidige situatie zijn er wel investeringen gedaan in de aanleg van Lelystad Airport, maar wordt er nog niet commercieel gevlogen. De gemiddelde infrastructuurkosten van 2018 zijn dus relatief hoog (omdat er meer capaciteit op luchthavens is aangelegd dan waar gebruik van wordt gemaakt).

Wat is het effect van de opening van Lelystad Airport op de toekomstige infrastructuurkosten?

Wanneer Lelystad airport in gebruik wordt genomen, wordt er meer gevlogen zonder dat de vaste kosten aanzienlijk stijgen. Dit leidt tot een daling in de gemiddelde kosten van de luchtvaart.

Wat is het effect op de toekomstige infrastructuurkosten als Lelystad toch niet wordt geopend?

Wanneer Lelystad Airport toch niet wordt geopend, dan is het aantal vliegbewegingen lager dan aangenomen in deze studie, terwijl de kosten voor Lelystad airport wel zijn gemaakt. De gemiddelde infrastructuurkosten van de luchtvaart zouden dan dus hoger uitvallen dan hier berekend.

De scenario's van de IMA 2021 gaan ervan uit dat, vanwege capaciteitsrestricties, er geen uitbreiding is van de infrastructuur. Idealiter zouden wij dus aannemen dat er geen toekomstige aanleguitgaven zijn, maar dat de bestaande infrastructuur wel wordt vernieuwd. Omdat wij in de beschikbare cijfers geen onderscheid kunnen maken tussen uitgaven voor de aanleg van nieuwe infrastructuur en vernieuwing van bestaande infrastructuur was het echter niet mogelijk om dit onderscheid te maken. Om deze reden hebben wij aangenomen dat de vaste kosten voor aanleg en vernieuwing in de verschillende prognosejaren reëel



constant zijn. Voor het vaste beheer en onderhoud hebben wij ook aangenomen dat de toekomstige kosten reëel gelijk zijn aan de huidige kosten.

Tot slot hebben wij aangenomen dat de variabele O&B- en vernieuwingskosten groeien met de volumes van de luchtvaart. Voor personenluchtvaart hebben wij de groeivoet gebaseerd op het aantal passagierskilometers, terwijl wij bij de goederenluchtvaart de groeivoet hebben gebaseerd op de tonkilometers. Voor de kosten van luchtverkeersleiding hebben wij de groeivoet gebaseerd op het aantal vliegtuigkilometers.

5.4 Resultaten

In deze paragraaf presenteren wij de schattingen voor de toekomstige infrastructuurkosten. De resultaten tot 2030 zijn opgenomen in Paragraaf 5.4.1. De prognosejaren 2040 en 2050, met aanzienlijk grotere onzekerheden, zijn opgenomen in Paragraaf 5.4.2.

5.4.1 Resultaten voor 2030

Tabel 38 geeft de totale infrastructuurkosten voor 2030 per voertuigcategorie weer. De totale infrastructuurkosten voor het wegverkeer bedragen 12,8 miljard euro. Aangezien personenauto's het meeste gebruikmaken van de weginfrastructuur krijgen personenauto's de meeste kosten (59%) toegerekend. Ook vrachtauto's krijgen een aanzienlijk aandeel van de kosten (20%) toegerekend. Dit komt met name omdat de hoge aslasten van vrachtauto's tot veel slijtage van het wegdek leidt. De rest van de infrastructuurkosten wordt toegekend aan bestelauto's, ov-bussen, touringcars, tweewielers en fietsen.

De totale infrastructuurkosten van het spoorvervoer in 2030 zijn 4,0 miljard euro. Personentreinen zijn verantwoordelijk voor het grootste aandeel (85%) hiervan. De totale infrastructuurkosten van de luchtvaart bedragen 1,1 miljard euro, waarvan 90% veroorzaakt wordt door de personenluchtvaart. Tot slot, de totale infrastructuurkosten van de binnenvaart bedragen 1,2 miljard euro en de infrastructuurkosten van de zeevaart zijn 0,6 miljard euro.

Figuur 36 - Totale infrastructuurkosten in 2030 in mln. €

Voertuigcategorie	Kosten
Personenvervoer op Nederlands grondgebied (mln. €)	
Personenauto totaal	7.525
- <i>Personenauto benzine</i>	5.596
- <i>Personenauto diesel</i>	392
- <i>Personenauto elektrisch</i>	1.091
- <i>Personenauto PHEV</i>	390
Motorfiets	61
Bromfiets	194
Ov-bus totaal	653
- <i>Ov-bus diesel</i>	82
- <i>Ov-bus elektrisch</i>	571
Touringcar	199
Fiets	415
Personentrein totaal	3.467
- <i>Hoge snelheidstrein</i>	615
- <i>Personentrein diesel</i>	177
- <i>Personentrein elektrisch</i>	2.674

Voertuigcategorie	Kosten
Goederenvervoer op Nederlands grondgebied (mln. €)	
Bestelauto totaal	1.225
– <i>Bestelauto diesel</i>	1.132
– <i>Bestelauto elektrisch</i>	93
Vrachtauto totaal	2.575
– <i>Vrachtauto diesel</i>	2.371
– <i>Vrachtauto elektrisch</i>	204
Goederentrein totaal	613
– <i>Goederentrein diesel</i>	47
– <i>Goederentrein elektrisch</i>	566
Binnenvaart	1.155
Internationale lucht- en zeevaart toegewezen aan Nederland (mln. €)	
Zeevaart	554
Luchtvaart personenvervoer	1.012
Luchtvaart goederenvervoer	106

De gemiddelde infrastructuurkosten voor de verschillende voertuigcategorieën op Nederlands grondgebied zijn weergegeven in Tabel 22. Voor het personenvervoer zijn de kosten weergegeven in eenheden van euro's per 1.000 reizigerskilometers. Voor het vrachtvervoer zijn de eenheden in euro's per 1.000 tonkilometers. Voor bestelauto's zijn de gemiddelde kosten per 1.000 voertuigkilometers weergegeven.

Voor het personenvervoer valt op dat ov-bussen en personentreinen relatief hoge infrastructuurkosten hebben. De kosten van personentreinen zijn hoog omdat de aanleg van spoorvervoer relatief kostbaar is. Voor ov-bussen geldt dat de hoge aslast en de relatief lage gemiddelde bezettingsgraad zorgen voor hoge kosten per reizigerskilometers. De kosten van fietsen, motorfietsen en touringcars zijn daarentegen relatief laag.

Voor het goederenvervoer valt op dat de binnenvaart de laagste infrastructuurkosten heeft per tonkilometer. Vervoer over de weg heeft ongeveer 50% hogere kosten, terwijl het spoorvervoer nog hogere kosten heeft.

Tabel 22 - Gemiddelde kosten van infrastructuur op Nederlands grondgebied in 2030

Voertuigcategorie	Kosten
Personenvervoer op Nederlands grondgebied (€/1.000 rkm)	
Personenauto gemiddeld	45
– <i>Personenauto benzine</i>	46
– <i>Personenauto diesel</i>	39
– <i>Personenauto elektrisch</i>	42
– <i>Personenauto PHEV</i>	42
Motorfiets	20
Bromfiets	64
Ov-bus gemiddeld	173
– <i>Ov-bus diesel</i>	173
– <i>Ov-bus elektrisch</i>	173
Touringcar	25
Fiets gemiddeld	22

Voertuigcategorie	Kosten
Personentrein gemiddeld	149
- Hoge snelheidstrein	353
- <i>Personentrein diesel</i>	279
- <i>Personentrein elektrisch</i>	128
Bestelauto op Nederlands grondgebied (€/1.000 vkm)	
Bestelauto gemiddeld	62
- <i>Bestelauto diesel</i>	62
- <i>Bestelauto elektrisch</i>	61
Goederenvervoer op Nederlands grondgebied (€/1.000 tkm)	
Vrachtauto gemiddeld	39
- <i>Diesel</i>	39
- <i>Elektrisch</i>	39
Goederentrein gemiddeld	69
- <i>Goederentrein diesel</i>	52
- <i>Goederentrein elektrisch</i>	71
Binnenvaart	21

De gemiddelde infrastructuurkosten van de lucht- en zeevaart zijn weergegeven in Tabel 23. Voor de zeevaart zijn de infrastructuurkosten per tonkilometer laag ten opzichte van de andere modaliteiten. De infrastructuurkosten voor de luchtvaart zijn ook relatief laag, omdat luchtverkeer geen infrastructuur nodig heeft buiten de luchthavens.

Tabel 23 - Gemiddelde kosten van infrastructuur voor internationale lucht- en zeevaart in 2030

Voertuigcategorie	Eenheid	Kosten
Zeevaart	€/1.000 tkm	0,23
Luchtvaart personenvervoer	€/1.000 rkm	7,4
Luchtvaart goederenvervoer	€/1.000 tkm	12

5.4.2 Doorkijk naar verdere toekomst (2040/2050 WLO)

Tabel 24 geeft de totale infrastructuurkosten in de verschillende WLO-scenario's weer. Het valt op dat de totale infrastructuurkosten over het algemeen in 'WLO-Hoog' hoger zijn dan in 'WLO-Laag'. Dit komt omdat in 'WLO-Hoog' een grotere vervoersprestatie is verondersteld, waardoor er meer infrastructurele kosten zijn. Ook is er een groot verschil zichtbaar tussen de aandelen van verschillende brandstofsoorten: in WLO-Hoog neemt het aandeel van elektrisch vervoer veel harder toe, waardoor elektrische voertuigen verantwoordelijk zijn voor een groter deel van de infrastructuurkosten. In alle WLO-scenario's is verondersteld dat diesel ov-bussen volledig zijn uitgefaseerd. Een laatste interessante observatie is dat de totale infrastructuurkosten voor het wegverkeer, het spoorverkeer en de binnenvaart in zowel WLO-Hoog als WLO-Laag dalen. Dit komt omdat er geen nieuwe aanleg van wegen is verondersteld.

Tabel 24 - Totale infrastructuurkosten in 2040 en 2050 in mln. €

Voertuigcategorie	2040 laag	2040 hoog	2050 laag	2050 hoog
Personenvervoer op Nederlands grondgebied (mln. €)				
Personenauto totaal	6.185	6.892	5.447	6.315
- <i>Personenauto fossiel</i>	5.053	3.384	3.848	1.643
- <i>Personenauto elektrisch</i>	1.132	3.508	1.599	4.671
Ov-bus totaal	519	542	416	452
- <i>Ov-bus fossiel</i>	-	-	-	-
- <i>Ov-bus elektrisch</i>	519	542	416	452
Fiets	440	457	424	461
Personentrein totaal	3.232	3.558	3.105	3.609
- <i>Personentrein fossiel</i>	191	215	190	225
- <i>Personentrein elektrisch</i>	3.041	3.343	2.915	3.383
Goederenvervoer op Nederlands grondgebied (mln. €)				
Bestelauto totaal	938	898	735	699
- <i>Bestelauto fossiel</i>	844	617	611	467
- <i>Bestelauto elektrisch</i>	94	281	124	231
Vrachtauto totaal	2.236	2.383	2.001	2.300
- <i>Vrachtauto fossiel</i>	2.193	1.934	1.958	1.683
- <i>Vrachtauto elektrisch</i>	43	449	43	617
Goederentrein totaal	295	326	254	309
- <i>Goederentrein fossiel</i>	29	32	25	30
- <i>Goederentrein elektrisch</i>	266	294	229	278
Binnenvaart	997	997	858	858
Internationale lucht- en zeevaart toegewezen aan Nederland (mln. €)				
Luchtvaart personenvervoer	1.090	1.132	1.150	1.182
Luchtvaart goederenvervoer	117	108	123	109

Tabel 25 geeft een overzicht van de gemiddelde infrastructuurkosten in de WLO-scenario's. Over het algemeen zijn de gemiddelde infrastructuurkosten in WLO-Hoog lager dan in WLO-Laag. Dit komt omdat de verkeersprestatie groter is in WLO-Hoog, waardoor de infrastructuur beter wordt benut en daarmee de kosten per kilometer lager uitvallen. Ook nemen de gemiddelde infrastructuurkosten voor de meeste voertuigcategorieën af, omdat er geen nieuwe infrastructuur wordt aangelegd terwijl de volumes wel toenemen.

Tabel 25 - Gemiddelde kosten van infrastructuur op Nederlands grondgebied in 2040 en 2050

Voertuigcategorie	2040 laag	2040 hoog	2050 laag	2050 hoog
Personenvervoer op Nederlands grondgebied (€/1.000 rkm)				
Personenauto gemiddeld	39	31	32	26
- <i>Personenauto fossiel</i>	39	31	32	25
- <i>Personenauto elektrisch</i>	40	32	32	27
Ov-bus gemiddeld	128	117	100	91
- <i>Ov-bus fossiel</i>	-	-	-	-
- <i>Ov-bus elektrisch</i>	128	117	100	91
Fiets	22	22	22	22
Personentrein gemiddeld	116	108	105	98
- <i>Personentrein diesel</i>	250	238	236	224
- <i>Personentrein elektrisch</i>	112	104	101	94

Voertuigcategorie	2040 laag	2040 hoog	2050 laag	2050 hoog
Bestelauto op Nederlands grondgebied (€/1.000 vkm)				
Bestelauto gemiddeld	54	44	42	35
- <i>Bestelauto fossiel</i>	54	44	42	35
- <i>Bestelauto elektrisch</i>	54	44	41	35
Goederenvervoer op Nederlands grondgebied (€/1.000 tkm)				
Vrachtauto gemiddeld	37	31	32	27
- <i>Vrachtauto fossiel</i>	37	32	32	28
- <i>Vrachtauto elektrisch</i>	35	30	30	25
Goederentrein gemiddeld	32	30	27	25
- <i>Goederentrein fossiel</i>	31	28	26	24
- <i>Goederentrein elektrisch</i>	32	30	27	25
Binnenvaart	20	18	17	14

Tabel 26 geeft een overzicht van de gemiddelde kosten van de luchtvaart in de WLO-scenario's. De gemiddelde kosten van de luchtvaart dalen licht richting 2050. Ook zijn de gemiddelde kosten in WLO-Hoog lager dan in WLO-Laag. Dit komt omdat de infrastructuur beter wordt benut in WLO-Hoog.

Tabel 26 - Gemiddelde kosten van infrastructuur voor internationale luchtvaart in 2040 en 2050

Voertuigcategorie	2040 laag	2040 hoog	2050 laag	2050 hoog
Luchtvaart personenvervoer (€/1.000 rkm)	6,2	5,8	5,6	5,4
Luchtvaart goederenvervoer (€/1.000 tkm)	10	12	9,0	11

6 Kosten van verkeersongevallen

6.1 Inleiding

De maatschappelijke kosten van verkeersongevallen zijn substantieel. Ze bestaan uit verschillende kostenposten (SWOV, 2020) waaronder immateriële en medische kosten. Een deel van deze kosten is extern van aard en komt voor rekening van de maatschappij. Niet alleen het aantal ongevallen met dodelijke afloop zijn relevant. Ook ongelukken met licht- en zwaargewonden leiden tot veel maatschappelijke kosten. Een deel van deze maatschappelijke kosten zijn extern van aard (zie CE Delft, (2022) voor een uitgebreide toelichting op welk deel van de ongevalskosten als extern mag worden aangemerkt). In dit hoofdstuk gaan we in op de verwachte ontwikkeling van deze kosten in de periode tot 2050.

Een uitgebreide toelichting van de methodologie voor de bepaling van de omvang van de externe ongevalskosten is te vinden in de hoofdrapportage (CE Delft, 2022). Op hoofdlijnen bestaat de methodiek eruit dat eerst de totale ongevalskosten per modaliteit worden bepaald door het aantal slachtoffers (onderverdeeld naar dodelijk, zwaargewond en lichtgewond) te vermenigvuldigen met relevante waarderingskentallen. Deze totale kosten worden vervolgens toegedeeld aan de verschillende vervoerswijzen. Bij eenzijdige ongevallen worden deze kosten toebedeeld aan de vervoerswijze die bij het ongeval betrokken is, terwijl bij meerzijdige ongevallen de kosten van de slachtoffers worden toegedeeld aan de tegenpartij¹².

6.2 Ontwikkelingen richting 2050

Tussen 2010 en 2018 is het aantal dodelijke verkeersslachtoffers toegenomen. Dit komt vooral doordat meer fietsers en gebruikers van invalidevoertuigen verongelukt (KiM, 2019). Inzittenden van personen-, bestel- of vrachtauto's alsmede motorrijders zijn minder verongelukt in 2018 ten opzichte van 2010. Het aantal verkeersdoden is vooral toegenomen in de categorie van 80-plussers. Een groep die in omvang groeit en waarvoor mobiliteit beter beschikbaar is door de opkomst van elektrische fietsen. Ook in de toekomst zal dit dus naar verwachting een negatieve bijdrage leveren aan de omvang van de (externe) ongevalskosten.

Er zijn tegelijkertijd ontwikkelingen gaande die het aantal ongevallen reduceren. Het is onzeker in welke mate deze ontwikkelingen het aantal ongevallen beïnvloeden. SWOV, (2018) beschrijft de belangrijkste ontwikkelingen en bijbehorende onzekerheden voor 2030:

- **Toename van transportvolumes.** Een toename van voertuigkilometers zorgt ervoor dat het drukker is op de weg en dat er daardoor meer ongevallen plaatsvinden. Daarvoor is met name van belang hoe voertuigen met een relatieve hoge ongevalskans, zoals fietsen, zich ontwikkelen. In Tabel 21 is te zien dat de transportvolumes van de vervoerswijzen in de meeste scenario's toenemen.

¹² Zo worden bijvoorbeeld bij een ongeval tussen een vracht- en een personenauto alle slachtoffers in de personenauto toegerekend aan de vrachtauto, terwijl alle slachtoffers in de vrachtauto worden toegerekend aan de personenauto.



- **Vergrijzing.** Zoals hierboven aangegeven is de vergrijzing van de Nederlandse bevolking een trend die de komende jaren doorzet (zie Tabel 21). Als gevolg hiervan zullen er waarschijnlijk meer en meer ernstige ongevallen plaatsvinden.
- **Veiligere infrastructuur.** Door de aanleg van nieuwere en veiligere infrastructuur kan het aantal (en de ernst van) verkeersongevallen dalen. Hierbij moet wel gezegd worden dat er voldoende middelen beschikbaar moeten zijn om deze infrastructuur te financieren. De omvang van deze ontwikkeling is daarmee afhankelijk van beleidskeuzes. Een mogelijke beleidskeuze is bijvoorbeeld het verlagen van de maximumsnelheid. De maximumsnelheid op snelwegen is recentelijk overdag verlaagd naar 100 km/h. Dit heeft een beperkt (positief) effect gehad op het aantal ongevallen. Er zijn echter ook vragen om de maximumsnelheid in bebouwde kom te verlagen naar 30 km/h, wat een groter effect zou hebben (SWOV, 2019).
- **Veiligere voertuigen.** Voertuigautomatisering kan bijdragen aan de verkeersveiligheid. Auto's zijn de afgelopen decennia veiliger uitgerust. De afgelopen jaren worden steeds meer auto's uitgerust met hulpsystemen, zoals een automatisch noodremstelsel. Dergelijke systemen dragen bij aan het verminderen van ongevallen. Onduidelijk is hoe snel voertuigautomatisering zal toenemen en hoe groot de afname in ongevallen is.
- **Afleiding.** Afleiding door apparaten waaronder mobiele telefoons heeft de afgelopen periode negatief bijgedragen aan het aantal ongevallen. Het is onduidelijk of dergelijke afleiding in de toekomst zal veranderen. Daarnaast vindt een significant gedeelte van de ongevallen plaats doordat mensen onder invloed deelnemen aan het verkeer. Het is onduidelijk hoe het aantal overtreeders onder invloed en daaraan verwante aantal slachtoffers zich de komende jaren gaat ontwikkelen.

Daarnaast is het ook mogelijk dat (aanverwant) beleid invloed heeft op de ontwikkeling van het aantal ongevallen. De invoering van een kilometerheffing kan bijvoorbeeld leiden tot minder voertuigkilometers en minder files, wat uiteindelijk het aantal ongevallen kan beïnvloeden.

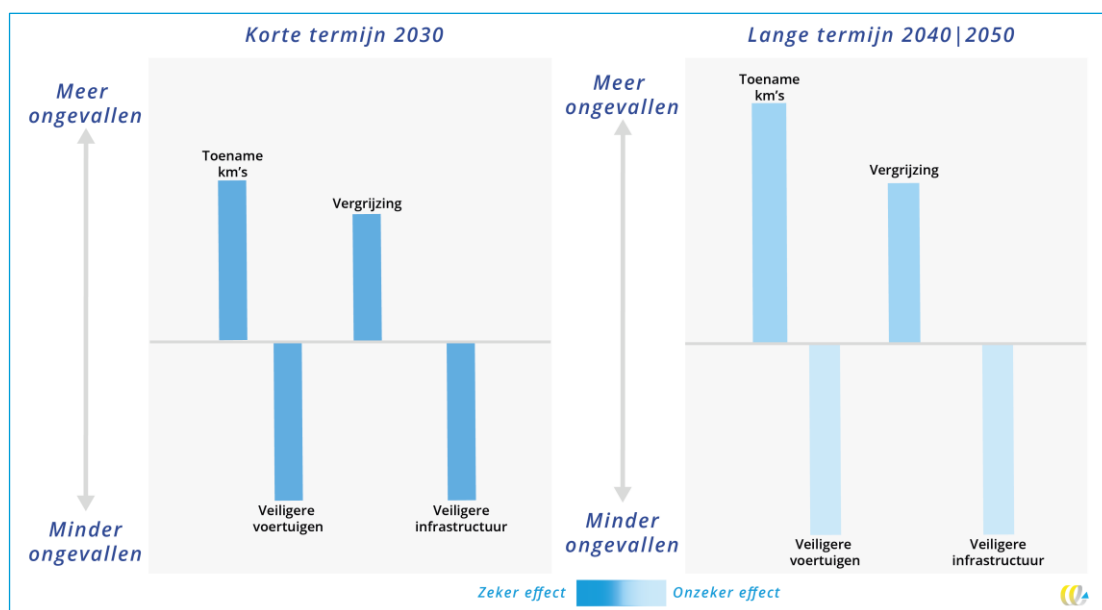
Voor de andere modaliteiten is er minder inzicht in de ontwikkeling van het aantal ongevallen dan bij het wegverkeer. Trends die bij wegvervoer van invloed zijn, zoals voertuigautomatisering, zijn ook van toepassing bij andere modaliteiten:

- Voor spoorvervoer komen momenteel veruit de meeste ongevallen voort uit ongevallen met wegvoertuigen op (onbewaakte) overwegen (ILT, 2020). De kosten van deze ongevallen worden toegerekend aan wegverkeer. Op dit moment lopen er meerdere maatregelen om veiligheid op en rondom spoor te verbeteren.
- In de binnenvaart is het aantal ongevallen afgenomen tot 2015 (CCNR, 2018). De afgelopen jaren bleef het aantal ongevallen in Nederland relatief constant (OVV, 2020). Een groot gedeelte, ongeveer 75%, van de incidenten in de binnenvaart valt toe te schrijven aan menselijke factoren (Intergo, 2020). Ook voor de binnenvaart kunnen elektronische hulpmiddelen, zoals het automatische identificatiesysteem (AIS), bijdragen aan een verbetering van de veiligheid. Tegelijkertijd nemen transportvolumes toe en is het mogelijk dat toenemende schaarste op de arbeidsmarkt zorgt voor een lagere kwaliteit van werknemers. Beide ontwikkelingen dragen bij aan een mogelijke toename aan ongevallen. Mede doordat ongevallen in de binnenvaartsector momenteel slecht worden geregistreerd is het lastig te voorspellen hoe het aantal ongevallen zich zal gaan ontwikkelen.

- Voor de zeevaart is het verhaal vergelijkbaar met de binnenvaart. Schepen zullen in toenemende mate worden uitgerust met technische hulpmiddelen. Maar tegelijkertijd nemen transportvolumes toe in de zeevaart.
- In de luchtvaart is, ondanks grote toenames in transportvolumes, het aantal ongevallen sinds de jaren 50 significant gereduceerd (Ministerie van I&W, 2020b). Vliegtuigbouwers zijn nog steeds bezig om vliegtuigen veiliger te maken door bijvoorbeeld digitalisering maar ook het ‘vogel-proof’ maken van vliegtuigen. In de toekomst zal het risico op ongevallen toenemen doordat volumes toeneemt wat leidt tot meer drukte op luchthavens en in het luchtruim. Ook nieuwe luchtvaartgebruikers, zoals drones, leiden tot nieuwe uitdagingen.

Figuur 37 geeft een samenvatting weer van de belangrijkste ontwikkelingen voor de ontwikkeling van het aantal ongevallen. De verschillende trends zijn van toepassing op alle vervoerswijzen. Wel zijn er verschillen in de impact van de verschillende ontwikkelingen per vervoerswijze. Zo zal vergrijzing met name voor fietsverkeer een belangrijke ontwikkeling zijn.

Figuur 37 - Ontwikkelingen van invloed op ongevallen verkeer



Kwantitatieve inschatting ontwikkelingen verkeersongevallen

Doordat veel verschillende factoren invloed hebben op het aantal ongevallen is het complex om een toekomstvoorspelling te doen. Toch heeft de SWOV de verwachte invloed van verschillende effecten en beleidsmaatregelen voor de periode tot 2030 geanalyseerd (SWOV, 2018). Zo zijn vergrijzing, voertuigautomatisering, infrastructurele ontwikkelingen meegenomen in de prognose. Andere ontwikkelingen konden niet worden ingeschat. Het gaat dan onder andere om afleiding als gevolg van sociale media en andere apparatuur, toenemende verstedelijking en de ontwikkeling in het gebruik van elektrische fietsen en speedpedelecs. Ook de impact van elektrificatie van auto's op de verkeersveiligheid is niet door-gerekend, omdat volgens hen (nog) niet bekend is wat deze impact is. In de hoofdrapportage (CE Delft, 2022) beschrijven wij in Tekstbox 14 dat, op basis van de huidige

inzichten, de veiligheid van elektrische auto's naar verwachting niet verschilt van fossiel aangedreven auto's.

De ontwikkeling van ongevallen in 2040 en 2050 valt buiten de scope van het gedetailleerde model van het SWOV. Gedetailleerde voorspellingen zouden ook geen recht doen aan de grote onzekerheid in de relevante ontwikkelingen. SWOV heeft wel een toekomstverkenning van de belangrijkste ontwikkelingen tot 2050 gedaan (SWOV, 2021). De resultaten voor 2040 en 2050 zijn gebaseerd op een extrapolatie op basis van de resultaten tot 2030. Dit betekent dat:

- het aantal doden blijft relatief constant;
- het aantal zwaargewonden neemt flink toe.

De SWOV prognoses voor 2030, 2040 en 2050 voor het wegverkeer sluiten aan bij de KEV en WLO-scenario's en daarom nemen wij die projecties over. Voor de toewijzing van ongevallen waarbij meerdere voertuigen betrokken zijn gebruiken we de gemiddelde kans om als tegenpartij betrokken te zijn uit de hoofd rapportage (CE Delft, 2022). Voor andere vervoerswijzen zijn er geen voorspellingen beschikbaar die aansluiten bij de KEV en de WLO-scenario's. We gaan er voor deze vervoerswijzen daarom vanuit dat het aantal slachtoffers per voertuigkilometer ten opzichte van 2018 constant blijft. De ontwikkeling van het aantal ongevallen bij de niet-wegmodaliteiten houdt daarmee alleen rekening met de verandering in het aantal voertuigkilometers. In Tabel 27 is de evolutie van het aantal ongevallen per vervoerswijze zichtbaar. Voor lichtgewonden gaan we uit van een zelfde groei als voor zwaargewonden.

Tabel 27 - Evolutie van het aantal verkeersslachtoffers toegewezen aan verschillende vervoerswijzen (2018=100)

Voertuigtype	Type ongeval	Eenheid	2018	2030	2040		2050	
					Laag	Hoog	Laag	Hoog
Personenvervoer op Nederlands grondgebied								
Personenauto totaal	Dodelijk	Aantal	353	88	79	92	80	96
	Zwaargewond	Aantal	8.929	102	118	142	141	173
Motorfiets	Dodelijk	Aantal	33	88	-	-	-	-
	Zwaargewond	Aantal	610	110	-	-	-	-
Bromfiets	Dodelijk	Aantal	26	88	-	-	-	-
	Zwaargewond	Aantal	2.643	75	-	-	-	-
Ov-bus totaal	Dodelijk	Aantal	13	81	83	81	79	82
	Zwaargewond	Aantal	107	117	156	155	175	185
Touringcar	Dodelijk	Aantal	2	77	-	-	-	-
	Zwaargewond	Aantal	17	197	-	-	-	-
Fiets	Dodelijk	Aantal	46	89	90	79	81	76
	Zwaargewond	Aantal	7.484	159	208	188	221	211
Personentrein totaal	Dodelijk	Aantal	4	119	143	169	151	188
	Zwaargewond	Aantal	5	119	143	169	151	188
Goederenvervoer op Nederlands grondgebied								
Bestelauto totaal	Dodelijk	Aantal	54	92	77	77	73	71
	Zwaargewond	Aantal	1.401	106	115	118	129	127
Vrachtauto totaal	Dodelijk	Aantal	82	90	89	97	86	103
	Zwaargewond	Aantal	416	129	176	163	199	165
Goederentrein totaal	Dodelijk	Aantal	0,17	126	131	156	136	176
	Zwaargewond	Aantal	0,23	126	131	156	136	176
Binnenvaart totaal	Dodelijk	Aantal	2,60	116	106	118	109	130
	Zwaargewond	Aantal	3,80	116	106	118	109	130

Voertuigtype	Type ongeval	Eenheid	2018	2030	2040		2050	
					Laag	Hoog	Laag	Hoog
Internationale vervoerswijzen toegeedeeld aan Nederland								
Zeevaart totaal	Dodelijk	Aantal	2,90	119	113	135	120	155
	Zwaargewond	Aantal	6,72	119	113	135	120	155
Luchtvaart personen	Dodelijk	Aantal	1,70	126	77	86	187	201
	Zwaargewond	Aantal	0,81	126	77	86	187	201
Luchtvaart goederen	Dodelijk	Aantal	0,10	126	113	89	195	139
	Zwaargewond	Aantal	0,05	126	113	89	195	139

Bronnen: SWOV (2018) (2021) en CE Delft, (2022).

6.3 Waardering richting 2050

De waardering van ongevallen bestaat uit twee onderdelen. Ten eerste zijn er immateriële kosten zoals leed, pijn, verdriet en verlies aan kwaliteit van leven en levensvreugde bij slachtoffers en hun naasten. Deze kosten kunnen uitgedrukt worden in geld zoals beschreven is in de hoofdrapportage (CE Delft, 2022). Daarnaast zijn er overige kosten zoals medische kosten en afhandelingskosten. In de totale kosten hebben immateriële kosten het grootste aandeel.

De waardering van ongevallen kan verschillen over de tijd. Voor immateriële kosten hangt dit af van de voorkeuren van inwoners. In Tabel 21 is te zien dat de verwachting is dat de welvaart gaat groeien. Het is in de praktijk goed mogelijk dat de waardering van ongevallen toe gaat nemen. Tegelijkertijd zijn er ook andere afhankelijkheden zoals andere risico-niveaus, sociaaleconomische ontwikkelingen en veranderende voorkeuren van de bevolking. Omdat we deze ontwikkelingen lastig kunnen inschatten kiezen we ervoor om de waardering over de tijd constant te houden. Hiermee sluiten we ook aan bij het advies van de werkgroep Discontovoet om waardering van gezondheid en veiligheid constant te houden (Ministerie van Financiën, 2015). Ook de waardering van de overige kosten van ongevallen passen we niet aan over de tijd. Tabel 28 laat de waarderingskentalen zien voor verkeersongevallen die worden toegepast voor de verschillende jaren.

Tabel 28 - Waarderingskentalen voor overige kosten van verkeersongevallen (€/slachtoffer)

Kostenpost	Dodelijke slachtoffers	Zwaargewonden	Lichtgewonden
Immateriële kosten	6.051.480	726.178	22.690
Medische kosten	15.899	11.850	611
Netto productieverlies	6.655	24.165	487
Afhandelingskosten	20.228	6.565	1.458
Materiële kosten	12.517	12.162	4.093

Bron: (CE Delft, 2022).

6.4 Resultaten

In deze paragraaf presenteren wij de schattingen voor de toekomstige infrastructuurkosten. De resultaten tot 2030 zijn opgenomen in Paragraaf 6.4.1. De prognosejaren 2040 en 2050, met aanzienlijk grotere onzekerheden, zijn opgenomen in Paragraaf 6.4.2.

6.4.1 Resultaten voor 2030

De totale externe kosten voor ongevallen in 2030 zijn te zien in Tabel 29. De hoogste totale kosten worden veroorzaakt door personenauto's, fietsen, bestelauto's en bromfietsen. Dit zijn vervoerswijzen die veel stedelijke kilometers maken en, in het geval van tweewielers, een hoger ongevalsrisico hebben. De kosten van de niet-weg modaliteiten zijn een stuk lager doordat hier relatief weinig ongevallen plaatsvinden.

Tabel 38 - Totale externe kosten ongevallen in 2030 in mln. €

Voertuigcategorie	Kosten
Personenvervoer op Nederlands grondgebied (mln. €)	
Personenauto totaal	12.211
- <i>Personenauto benzine</i>	9.279
- <i>Personenauto diesel</i>	551
- <i>Personenauto elektrisch</i>	1.689
- <i>Personenauto PHEV</i>	605
Motorfiets	359
Bromfiets	1.383
Ov-bus totaal	205
- <i>Ov-bus diesel</i>	26
- <i>Ov-bus elektrisch</i>	179
Touringcar	27
Fiets	5.415
Personentrein totaal	35
- <i>Hoge snelheidstrein</i>	0,13
- <i>Personentrein diesel</i>	1,0
- <i>Personentrein elektrisch</i>	33
Goederenvervoer op Nederlands grondgebied (mln. €)	
Bestelauto totaal	2.091
- <i>Bestelauto diesel</i>	1.935
- <i>Bestelauto elektrisch</i>	145
Vrachtauto totaal	1.021
- <i>Vrachtauto diesel</i>	937
- <i>Vrachtauto elektrisch</i>	84
Goederentrein totaal	1,6
- <i>Goederentrein diesel</i>	0,17
- <i>Goederentrein elektrisch</i>	1,5
Binnenvaart	24
Internationale lucht- en zeevaart toegewezen aan Nederland (mln. €)	
Zeevaart	31
Luchtvaart personenvervoer	14
Luchtvaart goederenvervoer	0,83

De gemiddelde externe kosten voor ongevallen in 2030 zijn te zien in Tabel 29. De kosten van wegvoertuigen zijn gemiddeld gezien aanzienlijk hoger dan voor de andere modaliteiten. Fietsen, bromfietsen en motoren hebben de hoogste gemiddelde ongevalskosten.

Tabel 29 - Gemiddelde externe kosten van ongevallen op Nederlands grondgebied in 2030

Voertuigcategorie	Kosten
Personenvervoer op Nederlands grondgebied (€/1.000 rkm)	
Personenauto gemiddeld	73
- <i>Personenauto benzine</i>	77
- <i>Personenauto diesel</i>	54
- <i>Personenauto elektrisch</i>	65
- <i>Personenauto PHEV</i>	66
Motorfiets	116
Bromfiets	457
Ov-bus gemiddeld	54
- <i>Ov-bus diesel</i>	54
- <i>Ov-bus elektrisch</i>	54
Touringcar	3,4
Fiets gemiddeld	286
Personentrein gemiddeld	1,5
- <i>Hoge snelheidstrein</i>	0,07
- <i>Personentrein diesel</i>	1,6
- <i>Personentrein elektrisch</i>	1,6
Bestelauto op Nederlands grondgebied (€/1.000 vkm)	
Bestelauto gemiddeld	105
- <i>Bestelauto diesel</i>	106
- <i>Bestelauto elektrisch</i>	95
Goederenvervoer op Nederlands grondgebied (€/1.000 tkm)	
Vrachtauto gemiddeld	15
- <i>Diesel</i>	15
- <i>Elektrisch</i>	16
Goederentrein gemiddeld	0,18
- <i>Goederentrein diesel</i>	0,18
- <i>Goederentrein elektrisch</i>	0,18
Binnenvaart	0,43

De gemiddelde externe kosten van ongevallen voor internationale lucht- en zeevaart staan in Tabel 30. Deze kosten vallen laag uit doordat deze vervoerswijzen relatief veilig zijn.

Tabel 30 - Gemiddelde externe kosten van ongevallen voor internationale lucht- en zeevaart in 2030

Voertuigcategorie	Eenheid	Kosten
Zeevaart	€/1.000 tkm	0,013
Luchtvaart personenvervoer	€/1.000 rkm	0,10
Luchtvaart goederenvervoer	€/1.000 tkm	0,095

6.4.2 Doorkijk naar verdere toekomst (2040/2050 WLO)

In deze Paragraaf presenteren we de kosten voor 2040 en 2050 op basis van de WLO-scenario's. De uitkomsten kunnen worden gezien als een bandbreedte van wat de lange-termijntoekomst gaat brengen zonder dat er sprake is van nieuw en ingrijpende veranderingen. In WLO-Hoog vinden er meer ongevallen plaats (als gevolg van grotere verkeersvolumes), waardoor ook de kosten hoger uitvallen.

In Tabel 31 staan de totale externe kosten van ongevallen in 2040 en 2050. Afhankelijk van het scenario zijn er verschillen in de kosten. Hierbij valt op dat in het hoge WLO-scenario er meer kosten door elektrische personenauto's zijn. Dit komt doordat er in het hoge WLO-scenario een veel grotere overstap naar elektrische auto's is. In Tabel 32 valt te zien dat de gemiddelde kosten gelijk zijn. De hoogste kosten worden veroorzaakt door personenauto's en fietsen.

Tabel 31 - Totale externe kosten van ongevallen in 2040 en 2050 in mln. €

Voertuigcategorie	2040 laag	2040 hoog	2050 laag	2050 hoog
Personenvervoer op Nederlands grondgebied (mln. €)				
Personenauto totaal	13.830	16.576	16.328	19.946
- <i>Personenauto fossiel</i>	11.349	8.283	11.623	5.432
- <i>Personenauto elektrisch</i>	2.478	8.265	4.693	14.459
Ov-bus totaal	253	250	273	287
- <i>Ov-bus fossiel</i>	0	0	0	0
- <i>Ov-bus elektrisch</i>	253	250	273	287
Fiets	7.036	6.372	7.461	7.142
Personentrein totaal	42	49	44	55
- <i>Personentrein fossiel</i>	1,2	1,4	1,3	1,6
- <i>Personentrein elektrisch</i>	6,4	7,5	6,7	8,4
Goederenvervoer op Nederlands grondgebied (mln. €)				
Bestelauto totaal	2.204	2.247	2.428	2.386
- <i>Bestelauto fossiel</i>	1.983	1.544	2.011	1.596
- <i>Bestelauto elektrisch</i>	221	703	416	790
Vrachtauto totaal	1.179	1.301	1.267	1.529
- <i>Vrachtauto fossiel</i>	1.156	1.060	1.235	1.022
- <i>Vrachtauto elektrisch</i>	22	241	32	507
Goederentrein totaal	1,70	2,03	1,77	2,29
- <i>Goederentrein fossiel</i>	0,17	0,21	0,18	0,23
- <i>Goederentrein elektrisch</i>	1,53	1,82	1,59	2,06
Binnenvaart	21	24	22	26
Internationale lucht- en zeevaart toegewezen aan Nederland (mln. €)				
Luchtvaart personenvervoer	18	20	21	23
Luchtvaart goederenvervoer	1,13	0,89	1,30	0,92

De gemiddelde externe kosten van ongevallen op de lange termijn staan in Tabel 32. De kosten voor WLO-Hoog vallen lager uit. Dit komt doordat transportvolumes meer toenemen dan dat het aantal ongevallen doet. Hierdoor dalen de gemiddelde ongevals-kosten van het wegverkeer. Voor andere modaliteiten is dat niet het geval.

Tabel 32 - Gemiddelde kosten van ongevallen op Nederlands grondgebied in 2040 en 2050

Voertuigcategorie	2040 laag	2040 hoog	2050 laag	2050 hoog
Personenvervoer op Nederlands grondgebied (€/1.000 rkm)				
Personenauto gemiddeld	88	75	96	83
- <i>Personenauto fossiel</i>	88	75	96	83
- <i>Personenauto elektrisch</i>	88	75	95	82
Ov-bus gemiddeld	62	54	66	58
- <i>Ov-bus fossiel</i>	-	-	-	-
- <i>Ov-bus elektrisch</i>	62	54	66	58
Fiets	351	306	386	340
Personentrein gemiddeld	1,49	1,49	1,49	1,49
- <i>Personentrein fossiel</i>	1,60	1,60	1,60	1,60
- <i>Personentrein elektrisch</i>	0,23	0,23	0,23	0,23
Bestelauto op Nederlands grondgebied (€/1.000 vkm)				
Bestelauto gemiddeld	126	110	137	121
- <i>Bestelauto fossiel</i>	126	110	137	121
- <i>Bestelauto elektrisch</i>	126	110	137	121
Goederenvervoer op Nederlands grondgebied (€/1.000 tkm)				
Vrachtauto gemiddeld	19	17	20	18
- <i>Vrachtauto fossiel</i>	19	17	20	17
- <i>Vrachtauto elektrisch</i>	18	16	22	21
Goederentrein gemiddeld	0,18	0,18	0,18	0,18
- <i>Goederentrein fossiel</i>	0,18	0,18	0,18	0,18
- <i>Goederentrein elektrisch</i>	0,18	0,18	0,18	0,18
Binnenvaart	0,43	0,43	0,43	0,43

De gemiddelde externe kosten van ongevallen voor de luchtvaart in 2040 en 2050 zijn weergegeven in Tabel 33.

Tabel 33 - Gemiddelde externe kosten van ongevallen voor internationale luchtvaart in 2040 en 2050

Voertuigcategorie	2040 laag	2040 hoog	2050 laag	2050 hoog
Luchtvaart personenvervoer (€/1.000 rkm)	0,10	0,10	0,10	0,10
Luchtvaart goederenvervoer (€/1.000 tkm)	0,09	0,09	0,09	0,09

7 Kosten van broeikasgasemissies

7.1 Inleiding

Verkeer en vervoer heeft een belangrijk aandeel in de totale uitstoot van broeikasgasemissies (CO₂, N₂O en CH₄) in Nederland. Zo zijn het wegvervoer, spoorvervoer en de binnenvaart gezamenlijk bijvoorbeeld verantwoordelijk voor ca. 19% van de totale uitstoot van broeikasgasemissies in Nederland in 2018 ((CBS & RIVM/Emissieregistratie, 2020) Deze emissies zijn verantwoordelijk voor de opwarming van de aarde, ofwel klimaatverandering (IPCC, 2007). De effecten van klimaatverandering zijn globaal, treden op de lange termijn op en de gevolgen zijn potentieel zeer groot. Hierdoor is de onzekerheid in de kosten van broeikasgasemissies relatief groot. In dit hoofdstuk bespreken we de verwachte ontwikkeling in de omvang van de kosten die deze emissies met zich meebrengen.

Voor de bepaling van de kosten van broeikasgasemissies is een bottom-up-methodiek gehanteerd. Voor alle vervoerswijzen is allereerst bepaald wat de verwachte emissies van broeikasgasemissies in de zichtjaren zijn, om die vervolgens met behulp van voor dat jaar relevante CO₂-prijzen te waarderen. In het vervolg van dit hoofdstuk lichten we dit nader toe.

7.2 Ontwikkelingen richting 2050

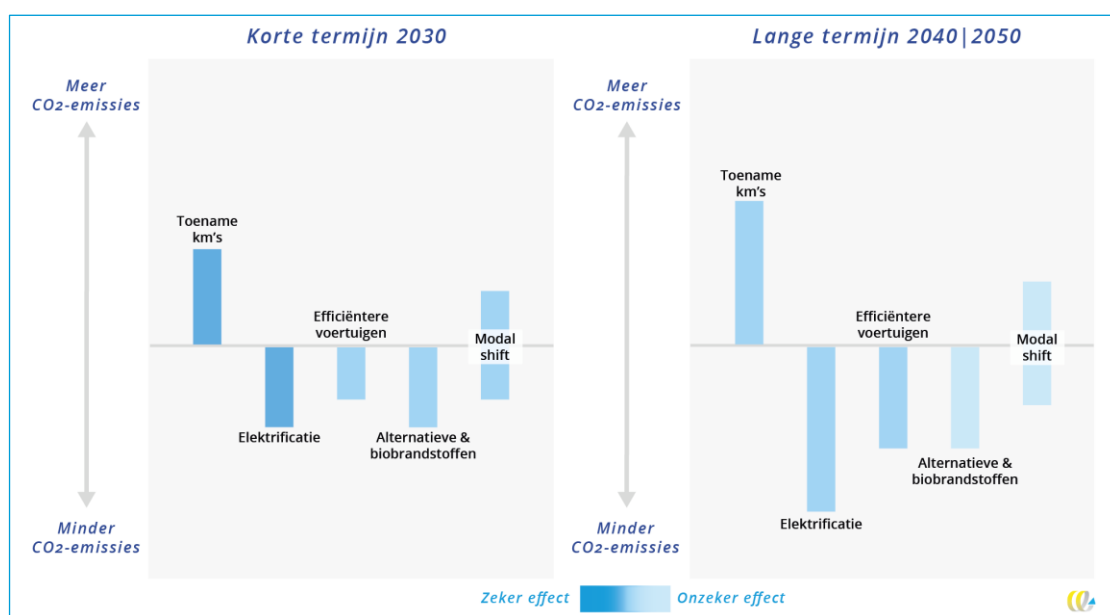
De emissies van broeikasgasemissies veranderen voor verkeer richting 2050 door verschillende ontwikkelingen:

- **Efficiëntere voertuigen.** Veel voertuigen zijn efficiënter geworden over de tijd. Dit komt enerzijds doordat voertuigen minder energie verbruiken. Anderzijds worden veel voertuigen groter waardoor ze efficiënter goederen of personen vervoeren. Dit tweede punt is momenteel niet van toepassing voor personenauto's, waar door de populariteit van SUV's het gemiddelde energieverbruik in afgelopen jaren niet is gedaald (ondanks de toepassing van brandstof besparende technieken in deze voertuigen).
- **Elektrificatie en hernieuwbare brandstoffen.** Verdere elektrificatie is een belangrijke ontwikkeling voor wegverkeer en in beperkte omvang ook voor spoorvervoer. Daarnaast worden er naar verwachting verschillende hernieuwbare brandstoffen ingezet om de emissies van de binnen-, lucht- en zeevaart te verminderen. De snelheid van deze energietransitie verschilt erg per modaliteit. Waar de effecten voor wegverkeer en spoor redelijk te voorspellen zijn blijven de onzekerheden voor de andere modaliteiten groot. Het is niet duidelijk welke aandrijflijn dominant gaat worden, waardoor momenteel de verschillende actoren grootschalige investeringen uitstellen. Dit 'kip-ei'-probleem vertraagt de energietransitie voor de lucht- en scheepvaart.
- **Transportvolumes.** De verwachting is dat de omvang van transport verder gaat toenemen, zoals te zien is in Tabel 21. Dit zorgt ervoor dat, zeker op de korte termijn, inzet van fossiele brandstoffen noodzakelijk blijft om aan de transportvraag te voldoen.

- **Modal shift.** Grootschalige modal shift-effecten kunnen leiden tot meer of minder uitstoot van broeikasgassen. Zo zou de opkomst van ‘*Mobility as a Service*’ bijvoorbeeld kunnen leiden tot extra gebruik van het ov ten koste van autogebruik, wat leidt tot minder CO₂-uitstoot. Ook de vervanging van continentale vluchten door treinreizen zou kunnen leiden tot minder uitstoot van broeikasgassen. In hoeverre deze modal shift-effecten ook daadwerkelijk zullen optreden en wat de mogelijke omvang er van is, is echter zeer onzeker.

De belangrijkste ontwikkelingen zijn samengevat zijn Figuur 39. In de figuur is goed te zien dat er tegengestelde effecten zijn. Op de lange termijn is er meer onzekerheid in de omvang van de verschillende ontwikkelingen. Met name grootschalige modal shift-effecten of alternatieve brandstoffen zijn onzeker.

Figuur 39 - Ontwikkelingen van invloed op broeikasgasemissies verkeer



Kwantitatieve inschatting ontwikkeling uitstoot broeikasgasemissies

Op basis van de KEV 2021 en de WLO-scenario's hebben we de verwachte uitstoot van broeikasgasemissies in 2030, 2040 en 2050 bepaald. Alle ontwikkelingen zoals hierboven geschetst zijn daarbij meegenomen, waarbij het voor 2040 en 2050 wel gaat om de verwachte ontwikkelingen in beleidsarme scenario's.

In Tabel 21 is te zien dat klimaatemissies afnemen voor de meeste vervoerswijzen op de korte termijn. Alleen voor motorfietsen, bestelauto's, en de lucht- en zeevaart wordt een toename in emissies voorzien. Hierbij wordt rekening gehouden met eventuele extra bijmenging van biobrandstoffen. In het hoge WLO-scenario wordt er meer bijgemengd voor vliegtuigen. Omdat vliegtuigen daarnaast efficiënter zijn in dit scenario dan in WLO-Laag, zijn de emissies in 2050 voor WLO-Hoog lager dan WLO-Laag. Voor de motorfiets, bromfiets en touringcar zijn er geen data beschikbaar over de broeikasgasemissies in 2040 en 2050. Deze vervoerswijzen blijven daarom voor die jaren ook buiten beschouwing.

Tabel 34 - Ontwikkeling van broeikasgasemissies per vervoerswijze (2018=100)

Voertuigtype	Eenheid	2018	2030	2040		2050	
				Laag	Hoog	Laag	Hoog
Personenvervoer op Nederlands grondgebied							
Personenauto totaal	Mln. kg	18.991	77	59	58	54	33
Motorfiets	Mln. kg	298	113	N.b.	N.b.	N.b.	N.b.
Bromfiets	Mln. kg	196	68	N.b.	N.b.	N.b.	N.b.
Ov-bus totaal	Mln. kg	424	6	-	-	-	-
Touringcar	Mln. kg	106	88	N.b.	N.b.	N.b.	N.b.
Personentrein totaal	Mln. kg	42	83	67	67	63	49
Goederenvervoer op Nederlands grondgebied							
Bestelauto totaal	Mln. kg	3.814	108	76	78	74	65
Vrachtauto totaal	Mln. kg	6.486	86	84	94	86	90
Goederentrein totaal	Mln. kg	31	56	136	162	142	184
Binnenvaart totaal	Mln. kg	1.820	99	103	116	101	122
Internationale vervoerswijzen toegeedeeld aan Nederland							
Zeevaart totaal	Mln. kg	10.592	107	N.b.	N.b.	N.b.	N.b.
Luchtvaart personen	Mln. kg	8.714	122	118	119	130	113
Luchtvaart goederen	Mln. kg	3.007	122	126	89	136	78

Bronnen: (PBL, 2021a), (Dat.mobility & Districon, 2021).

De waardering van broeikasgasemissies wordt in detail besproken in de hoofdrapportage (CE Delft, 2022). Voor de toekomstverkenning is van belang dat de kosten toenemen over de tijd. Dit komt omdat er duurder beleid nodig is om de beleidsdoelen te halen. CPB&PBL, (2016) hebben voorgeschreven welke CO₂-prijzen horen bij de verschillende scenario's. De prijzen verschillen afhankelijk van het scenario, zoals is te zien in Tabel 35. De CO₂-prijzen zijn vastgesteld volgens de zogenaamde preventiekostenmethodiek, waarbij de kosten bepaald zijn die nodig zijn om een bepaald reductietarget voor broeikasemissies te behalen. Bij het lage WLO-scenario wordt ervan uitgegaan dat de omvang van het klimaatbeleid afneemt en dat er meer langetermijnrisico's worden geaccepteerd door de maatschappij. Dit resulteert in een lagere CO₂-prijs. Om de 2-gradendoelstelling te halen is er significant meer klimaatbeleid nodig, waardoor er significant hogere CO₂-prijzen zijn.

Tabel 35 - CO₂-prijzen voor Nederland tot 2050

€ per ton CO ₂	2018	2030	2040	2050
Huidig beleid - Laag	16	24	34	47
Huidig beleid - Hoog	63	95	139	188
2-graden	111	156	220	311

Bij bepaling van de CO₂-prijzen voor 2018 zijn conform CPB&PBL, (2016) de prijzen verdisconteerd met 3,5%/jaar.

7.3 Resultaten

In deze Paragraaf presenteren wij de schattingen voor de toekomstige kosten van broeikasgasemissies. De resultaten tot 2030 zijn opgenomen in Paragraaf 7.3.1. De prognosejaren 2040 en 2050, met aanzienlijk grotere onzekerheden, zijn opgenomen in Paragraaf 7.3.2.

7.3.1 Resultaten voor 2030

De totale kosten van broeikasgasemissies in 2030 zijn weergegeven in Tabel 36. De hoogste kosten worden veroorzaakt door personenauto's en de lucht- en zeevaart. Afhankelijk van de CO₂-prijs zijn er grote verschillen in de kosten van broeikasgasemissies. Let op, het gaat hier om de kosten om klimaatverandering tegen te gaan (preventiekosten). Bij lagere kosten wordt er minder klimaatbeleid gevoerd en zijn de mogelijke gevolgen van klimaatverandering juist groter.

Tabel 36 - Totale kosten van broeikasgasemissies in 2030 in mln. €

Voertuigcategorie	Lage CO ₂ -prijs	Hoge CO ₂ -prijs	2-gradenprijs
Personenvervoer op Nederlands grondgebied (mln. €)			
Personenauto totaal	347	1.388	2.284
- <i>Personenauto benzine</i>	305	1.219	2.006
- <i>Personenauto diesel</i>	25	100	165
- <i>Personenauto elektrisch</i>	-	-	-
- <i>Personenauto PHEV</i>	14	57	93
Motorfiets	8,1	32	53
Bromfiets	3,4	13,5	22
Ov-bus totaal	0,6	2,3	3,8
- <i>Ov-bus diesel</i>	0,6	2,3	3,8
- <i>Ov-bus elektrisch</i>	-	-	-
Touringcar	2,2	8,9	15
Fiets totaal	0	0	0
Personentrein totaal	0,67	2,7	4,4
- <i>Hoge snelheidstrein</i>	-	-	-
- <i>Personentrein diesel</i>	0,67	2,7	4,4
- <i>Personentrein elektrisch</i>	-	-	-
Goederenvervoer op Nederlands grondgebied (mln. €)			
Bestelauto totaal	98	392	645
- <i>Bestelauto diesel</i>	98	392	645
- <i>Bestelauto elektrisch</i>	-	-	-
Vrachtauto totaal	135	538	886
- <i>Vrachtauto diesel</i>	135	538	886
- <i>Vrachtauto elektrisch</i>	-	-	-
Goederentrein totaal	0,63	2,5	4,1
- <i>Goederentrein diesel</i>	0,63	2,5	4,1
- <i>Goederentrein elektrisch</i>	-	-	-
Binnenvaart	43	172	284
Internationale lucht- en zeevaart toegewezen aan Nederland (mln. €)			
Zeevaart	271	1.086	1.787
Luchtvaart personenvervoer	430	1.718	2.828
Luchtvaart goederenvervoer	148	593	976

De gemiddelde kosten van broeikasgasemissies op Nederlands grondgebied zijn te zien in Tabel 37. Bij het personenvervoer zijn deze kosten het hoogst voor de personenauto en motorfiets, terwijl bij het goederenvervoer de vrachtauto de hoogste gemiddelde kosten heeft. Daarnaast is te zien dat de instroom van elektrische voertuigen leidt tot lagere gemiddelde klimaatkosten voor de verschillende voertuig categorieën. Met name bij ov-bussen zorgt dit voor lagere gemiddelde klimaatkosten.

Tabel 37 - Gemiddelde kosten van broeikasgasemissies op Nederlands grondgebied in 2030

Voertuigcategorie	Lage CO ₂ -prijs	Hoge CO ₂ -prijs	2-gradenprijs
Personenvervoer op Nederlands grondgebied (€/1.000 rkm)			
Personenauto gemiddeld	2,1	8,3	14
- <i>Personenauto benzine</i>	2,5	10	17
- <i>Personenauto diesel</i>	2,5	10	16
- <i>Personenauto elektrisch</i>	-	-	-
- <i>Personenauto PHEV</i>	1,5	6,1	10
Motorfiets	2,6	10	17
Bromfiets	1,12	4,5	7,3
Ov-bus gemiddeld	0,15	0,6	1,01
- <i>Ov-bus diesel</i>	1,2	4,9	8,0
- <i>Ov-bus elektrisch</i>	-	-	-
Touringcar	0,28	1,13	1,86
Personentrein gemiddeld	0,029	0,11	0,19
- <i>Hoge snelheidstrein</i>	-	-	-
- <i>Personentrein diesel</i>	1,05	4,2	6,9
- <i>Personentrein elektrisch</i>	-	-	-
Bestelauto op Nederlands grondgebied (€/1.000 vkm)			
Bestelauto gemiddeld	4,9	20	33
- <i>Bestelauto diesel</i>	5,3	21	35
- <i>Bestelauto elektrisch</i>	-	-	-
Goederenvervoer op Nederlands grondgebied (€/1.000 tkm)			
Vrachtauto gemiddeld	2,0	8,1	13
- <i>Diesel</i>	2,2	8,8	15
- <i>Elektrisch</i>	-	-	-
Goederentrein gemiddeld	0,071	0,28	0,47
- <i>Goederentrein diesel</i>	0,70	2,8	4,6
- <i>Goederentrein elektrisch</i>	-	-	-
Binnenvaart	0,79	3,1	5,2

De gemiddelde kosten voor de lucht- en zeevaart staan in Tabel 38.

Tabel 38 - Gemiddelde kosten van broeikasgasemissies voor internationale lucht- en zeevaart in 2030

Voertuigcategorie	Eenheid	Lage CO ₂ -prijs	Hoge CO ₂ -prijs	2-gradenprijs
Zeevaart	€/1.000 tkm	0,11	0,45	0,74
Luchtvaart personenvervoer	€/1.000 rkm	3,1	13	21
Luchtvaart goederenvervoer	€/1.000 tkm	17	67	111



7.3.2 Doorkijk naar verdere toekomst (2040/2050 WLO)

De totale kosten van broeikasgasemissies in 2040 en 2050 zijn weergegeven in Tabel 39. De hoogste kosten worden veroorzaakt door de luchtvaart. In het lage WLO-scenario wordt uitgegaan van een lage CO₂-prijs, waardoor de kosten significant lager zijn dan in WLO-Hoog.

Tabel 39 - Totale kosten van broeikasgasemissies in 2040 en 2050 in mln. €

Voertuigcategorie	2040 laag	2040 hoog	2050 laag	2050 hoog
Personenvervoer op Nederlands grondgebied (mln. €)				
Personenauto totaal	377	1.465	481	1.175
- <i>Personenauto fossiel</i>	377	1.465	481	1.175
- <i>Personenauto elektrisch</i>	-	-	-	-
Ov-bus totaal	-	-	-	-
- <i>Ov-bus fossiel</i>	-	-	-	-
- <i>Ov-bus elektrisch</i>	-	-	-	-
Personentrein totaal	0,94	3,8	1,3	3,9
- <i>Personentrein fossiel</i>	0,94	3,8	1,3	3,9
- <i>Personentrein elektrisch</i>	-	-	-	-
Goederenvervoer op Nederlands grondgebied (mln. €)				
Bestelauto totaal	97	397	133	469
- <i>Bestelauto fossiel</i>	97	397	133	469
- <i>Bestelauto elektrisch</i>	-	-	-	-
Vrachtauto totaal	182	812	265	1.100
- <i>Vrachtauto fossiel</i>	182	812	265	1.100
- <i>Vrachtauto elektrisch</i>	-	-	-	-
Goederentrein totaal	1,42	6,74	2,08	10,77
- <i>Goederentrein fossiel</i>	1,42	6,74	2,08	10,77
- <i>Goederentrein elektrisch</i>	-	-	-	-
Binnenvaart	63	283	87	419
Internationale lucht- en zeevaart toegewezen aan Nederland (mln. €)				
Luchtvaart personenvervoer	345	1.388	534	1.860
Luchtvaart goederenvervoer	127	360	193	443

De gemiddelde kosten van broeikasgasemissies zijn weergegeven in Tabel 40. In de resultaten is goed zichtbaar dat in het hoge WLO-scenario meer elektrische voertuigen rijden. De gemiddelde kosten zijn significant lager dan de kosten van de fossiele varianten.

Tabel 40 - Gemiddelde kosten door emissies van broeikasgassen op Nederlands grondgebied in 2040 & 2050

Voertuigcategorie	2040 laag	2040 hoog	2050 laag	2050 hoog
Personenvervoer op Nederlands grondgebied (€/1.000 rkm)				
Personenauto gemiddeld	2,40	6,63	2,82	4,87
- <i>Personenauto fossiel</i>	2,92	13,28	3,96	17,91
- <i>Personenauto elektrisch</i>	-	-	-	-
Ov-bus gemiddeld	-	-	-	-
- <i>Ov-bus fossiel</i>	-	-	-	-
- <i>Ov-bus elektrisch</i>	-	-	-	-
Personentrein gemiddeld	0,03	0,11	0,04	0,11
- <i>Personentrein fossiel</i>	1,23	4,18	1,56	3,87
- <i>Personentrein elektrisch</i>	-	-	-	-
Bestelauto op Nederlands grondgebied (€/1.000 vkm)				
Bestelauto gemiddeld	5,55	19,39	7,54	23,72
- <i>Bestelauto fossiel</i>	6,16	28,22	9,10	35,47
- <i>Bestelauto elektrisch</i>	-	-	-	-
Goederenvervoer op Nederlands grondgebied (€/1.000 tkm)				
Vrachtauto gemiddeld	2,99	10,70	4,24	13,10
- <i>Vrachtauto fossiel</i>	3,05	13,36	4,34	18,53
- <i>Vrachtauto elektrisch</i>	-	-	-	-
Goederentrein gemiddeld	0,15	0,61	0,22	0,87
- <i>Goederentrein fossiel</i>	1,52	6,06	2,15	8,59
- <i>Goederentrein elektrisch</i>	-	-	-	-
Binnenvaart	1,26	5,07	1,69	6,85

De gemiddelde kosten van broeikasgasemissies van de luchtvaart zijn weergegeven in Tabel 41. In de WLO-scenario's wordt aangenomen dat vliegtuigen richting 2050 efficiënter worden en dat er meer biobrandstof wordt bijgemengd. Hierdoor dalen de gemiddelde kosten, zowel in WLO-Hoog als in WLO-Laag.

Tabel 41 - Gemiddelde kosten door emissies van broeikasgassen voor internationale luchtvaart in 2040 & 2050

Voertuigcategorie	2040 laag	2040 hoog	2050 laag	2050 hoog
Luchtvaart personenvervoer (€/1.000 rkm)	2,0	7,1	2,6	8,5
Luchtvaart goederenvervoer (€/1.000 tkm)	11	38	14	46

8 Kosten luchtvervuilende emissies

8.1 Inleiding

De verkeerssector veroorzaakt luchtvervuiling door de uitstoot van een aantal luchtverontreinigende stoffen zoals fijnstof en stikstofoxiden. Luchtvervuilende stoffen leiden tot gezondheidskosten, schade aan gebouwen en materialen, verlies van landbouwgewassen en impacts op ecosystemen en biodiversiteit. In dit hoofdstuk bespreken we de verwachte ontwikkeling in de omvang van de kosten die deze emissies met zich meebrengen.

Voor de bepaling van de kosten van luchtvervuilende emissies is een bottom-up-methodiek gehanteerd. Voor alle vervoerswijzen is allereerst bepaald wat de verwachte emissies in de zichtjaren zijn, om die vervolgens met behulp van voor dat jaar relevante milieuprijzen te waarderen. In het vervolg van dit hoofdstuk lichten we dit nader toe.

8.2 Ontwikkelingen richting 2050

De uitstoot van luchtvervuilende emissies veranderen voor verkeer richting 2050 door verschillende algemene ontwikkelingen:

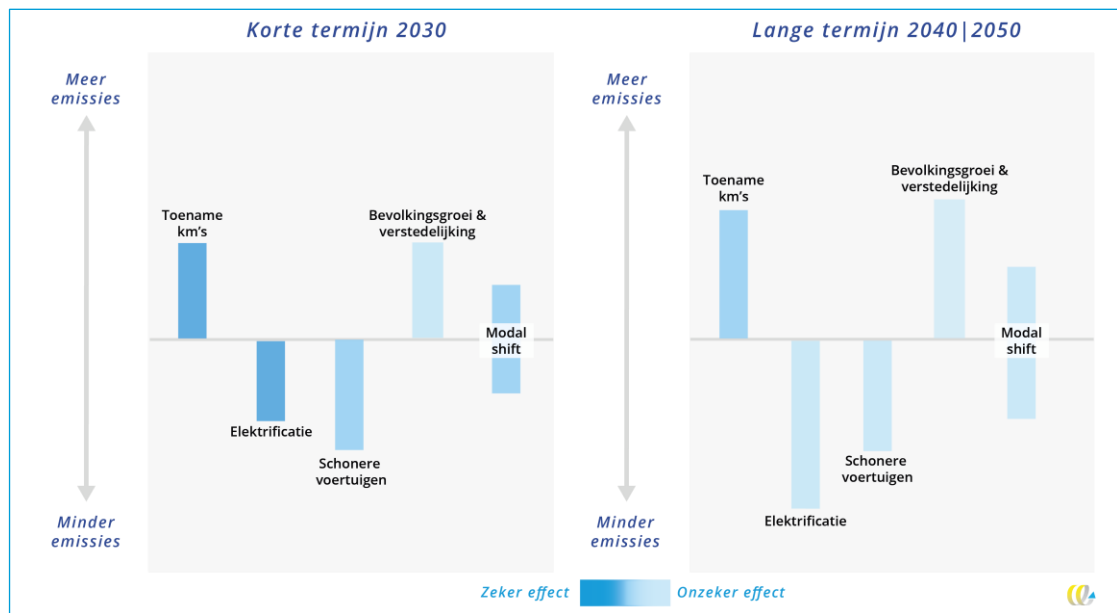
- **Schonere motoren.** Voor alle vervoerswijzen geldt dat door vernieuwing van het wagenpark schonere voertuigen (als gevolg van Europese emissienormen voor nieuwe voertuigen) het park instromen. Er zijn plannen voor verdere aanscherping van deze emissienormen (Euro-normeringen) voor wegvervoer. Ook voor de binnenvaart en het spoorvervoer (stage V), de zeevaart (IMO-Standards) en de luchtvaart (ICAO-normering) geldt dat er normeringen gelden die strenger worden over de tijd. Wel zitten er grote verschillen tussen vervoerswijzen in de snelheid waarmee motoren vernieuwen. Met name in de scheepvaart gaat de verschoning langzamer.
- **Transportvolumes.** De verwachting is dat de omvang van transport verder gaat toenemen, zoals te zien is in Tabel 21. Dit zorgt ervoor dat, zeker op de korte termijn, inzet van fossiele brandstoffen noodzakelijk blijft om aan de transportvraag te kunnen voldoen, wat leidt tot extra uitstoot van luchtvervuilende emissies.
- **Zero-emissievoertuigen.** De opkomst van zero-emissievoertuigen leidt tot minder verbrandingsemissies. Deze ontwikkeling is het meest prominent bij het wegverkeer, maar op de langere termijn ook mogelijk voor andere modaliteiten.
- **Modal shift.** Grootschalige modal shift-effecten kunnen leiden tot meer of minder uitstoot van luchtvervuilende emissies. Zo gaat de verschoning in de binnenvaart erg langzaam, waardoor een overstap op vervoer over binnenwateren kan leiden tot meer luchtvervuilende emissies.
- **Verdichting en verstedelijking.** Verdichting en verstedelijking zorgt ervoor dat binnenstedelijke verkeersintensiteit toeneemt. Daarnaast zorgt verdichting ervoor dat er meer mensen wonen op plaatsen met veel verkeer, waardoor ook meer mensen potentieel last kunnen hebben van de emissies. Daarentegen zijn de meeste milieu- en ZE-zones gericht op in stedelijke omgeving. Dit kan ervoor zorgen dat emissies in stedelijke omgeving ook kunnen dalen.



Samenvatting belangrijkste ontwikkelingen

Figuur 40 vat de belangrijkste ontwikkelingen samen. Het belang van de verschillende ontwikkelingen verschilt per vervoerswijze. Zo vindt er bij wegverkeer naar verwachting veel meer elektrificatie plaats dan bij andere vervoerswijzen. Mogelijke modal shift-effecten en de invloed daarvan op de uitstoot van luchtvervuilende emissies zijn erg onzeker op de korte en lange termijn. Zeker omdat bepaalde vervoerswijzen die historisch gezien minder emissies veroorzaakten, zoals de binnenvaart, een stuk minder snel verschoenen dan wegverkeer.

Figuur 40 -Ontwikkelingen van invloed op luchtvervuilende emissies verkeer



Kwantitatieve inschatting ontwikkeling uitstoot luchtvervuilende emissies

Op basis van de KEV 2021 en de achtergronddata van de WLO-scenario's is de omvang van luchtvervuilende emissies in 2030, 2040 en 2050 bepaald. De resultaten hiervan staan in Tabel 42. Afhankelijk van de vervoerswijze zijn er in meer of mindere mate reducties van emissies te verwachten. Dit heeft te maken met verschoning van motoren, maar ook met een toenemende overstap naar zero-emissie aandrijflijnen. Hierbij moeten we wel opmerken dat de emissies per kilometer voor spoorvervoer, de binnenvaart en de luchtvaart voor 2040 en 2050 constant zijn verondersteld ten opzichte van 2030¹³, doordat er vanuit de WLO geen data beschikbaar is. De emissies van slijtage-emissies zijn niet inbegrepen in de tabel omdat de evolutie hiervan gelijk is aan de ontwikkeling van de vervoersprestatie.

¹³ De verandering van emissies van spoorvervoer, de binnenvaart en de luchtvaart in 2040 en 2050 zoals te zien in Tabel 42 komt dus volledig door veranderingen in transportvolumes.

Tabel 42 - Evolutie van totale luchtvervuilende emissies door verbranding per vervoerswijzen (2018 =100)

Voertuigtype	Type emissie	Eenheid	2018	2030	2040		2050	
					Laag	Hoog	Laag	Hoog
Personenvervoer op Nederlands grondgebied								
Personenauto totaal	NO _x	Mln. kg	29	45	34	32	34	19
	PM _{2,5}	Mln. kg	0,44	51	62	55	58	37
Motorfiets	NO _x	Mln. kg	0,76	55	N.b.	N.b.	N.b.	N.b.
	PM _{2,5}	Mln. kg	0,044	41	N.b.	N.b.	N.b.	N.b.
Bromfiets	NO _x	Mln. kg	0,33	46	N.b.	N.b.	N.b.	N.b.
	PM _{2,5}	Mln. kg	0,15	27	N.b.	N.b.	N.b.	N.b.
Ov-bus totaal	NO _x	Mln. kg	1,41	1	N.b.	N.b.	N.b.	N.b.
	PM _{2,5}	Mln. kg	0,023	1	N.b.	N.b.	N.b.	N.b.
Touringcar	NO _x	Mln. kg	0,36	42	N.b.	N.b.	N.b.	N.b.
	PM _{2,5}	Mln. kg	0,008	48	N.b.	N.b.	N.b.	N.b.
Personentrein totaal	NO _x	Mln. kg	1,26	63	76	70	49	89
	PM _{2,5}	Mln. kg	0,14	96	110	121	94	132
Goederenvervoer op Nederlands grondgebied								
Bestelauto totaal	NO _x	Mln. kg	17	33	14	13	12	8
	PM _{2,5}	Mln. kg	0,40	16	20	22	20	21
Vrachtauto totaal	NO _x	Mln. kg	26	60	61	65	62	61
	PM _{2,5}	Mln. kg	0,21	58	85	102	86	105
Goederentrein totaal	NO _x	Mln. kg	0,46	65	67	78	57	84
	PM _{2,5}	Mln. kg	0,014	148	153	183	159	206
Binnenvaart totaal	NO _x	Mln. kg	24	71	64	80	65	84
	PM _{2,5}	Mln. kg	0,68	61	55	62	57	68
Internationale vervoerswijzen toegeedeeld aan Nederland								
Zeevaart totaal	NO _x	Mln. kg	240	85	N.b.	N.b.	N.b.	N.b.
	PM _{2,5}	Mln. kg	6,19	100	N.b.	N.b.	N.b.	N.b.
Luchtvaart personen	NO _x	Mln. kg	42	124	159	139	130	134
	PM _{2,5}	Mln. kg	0,33	95	121	135	141	152
Luchtvaart goederen	NO _x	Mln. kg	14	124	169	98	180	89
	PM _{2,5}	Mln. kg	0,11	95	128	101	147	105

Bronnen: (PBL, 2021a) (Dat.mobility & Districon, 2021) (Rijkswaterstaat, 2021).

8.3 Waardering richting 2050

Schade voor de menselijke gezondheid is de belangrijkste schadepost van de meeste luchtvervuilende emissies. Enerzijds neemt de waardering van menselijke gezondheid toe naarmate de inkomens van mensen toenemen. Anderzijds nemen ook de mogelijkheden om gezondheid te verbeteren toe, onder meer door de snelle technologische ontwikkeling op medisch gebied. Omdat deze effecten tegenstellen adviseert de Werkgroep Discontovoet (Ministerie van Financiën, 2015) om de waardering voor gezondheid constant te houden. Wij nemen dit advies over en houden wij de waardering van menselijke gezondheid constant over de tijd.

We voeren wel de volgende aanpassingen door in de waardering van luchtverontreinigende emissies over de tijd:

- De gemiddelde waardering neemt toe als gevolg van de toename van de bevolkingsdichtheid in Nederland; door een hogere bevolkingsdichtheid kunnen emissies meer schadelijke effecten toebrengen aan de menselijke gezondheid. Dit resulteert in hogere milieuprijzen.

- De waardering van fijnstof neemt toe als gevolg van de groei in verstedelijking. Uit de prognoses van het PBL&CBS, (2019)¹⁴ blijkt dat er in Nederland sprake is van bevolkingsgroei tot 2035 maar dat deze groei zich vooral concentreert in en rond de grote en middelgrote steden. Dit effect versterkt het schadelijke effect van de transportemissies. Dit is vooral het geval voor de fijnstofemissies.

In Tabel 43 staan de uitkomsten voor gemiddelde emissies op Nederlands grondgebied. In CE Delft, (2022) besproken dat voor veel stoffen de schadelijkheid afhangt van de locatie en de uitstoothoogte. Op dit moment is het echter alleen mogelijk de waarderingskennallen voor fijnstof te specificeren naar locatie De WLO-scenario's presenteren een bandbreedte. Om hier bij aan te sluiten gaan we uit van de onder en boven waarde van milieuprijzen. Dit betekent dat we het lage WLO-scenario van lage milieuprijzen terwijl we bij het hoge WLO-scenario uitgaan van hoge milieuprijzen. Aangezien de KEV een middenschatting is gaan we uit van de centrale milieuprijzen. Voor 2018 zijn er vanwege de vergelijkbaarheid drie niveaus van milieuprijzen. De milieuprijzen zijn gebaseerd op het Handboek Milieuprijzen (CE Delft, 2017) en (CE Delft, 2021).

Tabel 43 - Waarderingskennallen luchtvervuilende emissies in Nederland(€₂₀₁₈/kg)

Type emissie	Differentiatie	2018			2030	2040		2050	
		Laag	Centraal	Hoog	Centraal	Laag	Hoog	Laag	Hoog
NO _x	Alle gebieden	17,3	24,9	38,6	25,6	17,7	40,7	17,6	41,1
SO ₂	Alle gebieden	18,3	25,8	40,0	26,2	18,5	41,3	18,5	41,5
PM _{2,5} (verbranding) op de grond	< 50.000 inwoners	61,8	86,5	132,7	88,9	63,1	139,8	62,8	141,1
	50.000-150.000 inwoners	76,3	106,9	163,9	109,8	78,0	172,8	77,6	174,4
	150.000-300.000 inwoners	109,3	153,0	234,7	157,2	111,6	247,4	111,1	249,7
	300.000-500.000 inwoners	165,3	231,5	355,1	237,9	168,9	374,4	168,0	377,8
	> 500.000 inwoners	279,9	391,9	601,2	402,8	286,0	633,8	284,5	639,6
PM ₁₀ niet zijnde PM _{2,5}	Alle gebieden	3,6	5,1	9,1	5,1	3,6	9,1	3,6	9,1

Bron: (CE Delft, 2021).

De waarderingskennallen voor fijnstofemissies hebben we verder gedifferentieerd naar vervoerswijze (en wegtype) door gebruik te maken van data over de hoeveelheid emissies per gemeente uit Emissieregistratie en de inwoners per gemeente. De resulterende waarderingskennallen voor het wegverkeer, spoorvervoer en de binnenvaart zijn weergegeven in Tabel 44.

¹⁴ [PBL/CBS Regionale bevolkings- en huishoudensprognose 2019-2050: Belangrijkste uitkomsten](#)



Tabel 44 - Waarderingskenticallen luchtvervullende emissies wegverkeer en binnenvaart (€/kg)

Type emissie	Differentiatie	2018			2030	2040		2050	
		Laag	Centraal	Hoog	Centraal	Laag	Hoog	Laag	Hoog
Wegverkeer PM _{2,5}	Bebouwde kom	101,1	141,6	217,2	146,6	103,8	233,7	103,8	240,5
	Buitenweg	75,7	106,0	162,6	110,2	78,0	174,8	78,0	179,8
	Autosnelweg	84,0	117,6	180,4	122,7	86,6	195,2	86,6	200,0
Wegverkeer PM ₁₀	Bebouwde kom	20,3	28,4	44,8	29,2	20,7	47,5	20,7	48,7
	Buitenweg	16,3	22,8	36,4	23,5	16,7	38,4	16,7	39,3
	Autosnelweg	17,5	24,5	39,0	25,4	17,9	41,4	17,9	42,2
Personentrein diesel PM _{2,5} *		67,3	94,3	144,6	96,9	68,8	153,8	68,8	155,2
Personentrein elektrisch PM _{2,5} *		91,3	127,9	196,2	133,4	94,2	212,6	94,2	218,3
Spoorvervoer goederen PM _{2,5} *		91,3	154,7	196,2	159,0	112,9	257,1	112,9	259,5
Binnenvaart PM _{2,5}		88,6	124,1	190,3	127,6	89,6	201,9	89,6	205,2

* Slijtage-emissies van spoor zijn gewaardeerd op PM_{2,5}-niveau.

Voor lucht- en zeevaart geldt dat een groot gedeelte van de emissies buiten Nederland plaatsvindt. Wij weten niet hoe de bevolkingsomvang en dichtheid zich daar gaat ontwikkelen. We houden daarom de waardering van emissies buiten Nederland constant ten opzichte van 2018. Voor de zeevaart staan de gehanteerde waarderingskenticallen in Tabel 45. Daarbij is onderscheid gemaakt naar de emissies die binnengaats worden uitgestoten en op zee (waarbij wordt uitgegaan van een gewogen gemiddelde van waarderingskenticallen voor het continentaal plat en overige zeeën/oceanen. Omdat er voor de zeevaart geen informatie beschikbaar is over de luchtvervullende emissies in de WLO-scenario's zijn er voor 2040 en 2050 geen waarderingskenticallen bepaald.

Tabel 45 - Waarderingskenticallen luchtvervullende emissies zeevaart (€/kg)

Locatie	Stof	2018	2030
Binnengaats	NO _x	24,9	25,6
	SO ₂	25,8	26,2
	PM _{2,5}	90,5	93,2
Gemiddelde zee	NO _x	5,5	5,5
	SO ₂	5,8	5,8
	PM _{2,5}	15,3	15,3

Tot slot zijn de waarderingskenticallen voor de luchtvervullende emissies van de luchtvaart weergegeven in Tabel 46, waarbij onderscheid is gemaakt in de waardering van de emissies in de LTO-fase en tijdens de rest van de vlucht.

Tabel 46 - Waarderingskenticallen luchtvervullende emissies luchtvaart (€/kg)

Locatie	Stof	2018			2030	2040		2050	
		Laag	Centraal	Hoog	Centraal	Laag	Hoog	Laag	Hoog
LTO-emissies aan de grond	NO _x	17,3	24,9	38,6	25,6	17,7	40,7	17,6	41,1
	SO ₂	18,3	25,8	40,0	26,2	18,5	41,3	18,5	41,5
	PM _{2,5}	107	76	164	110	78	173	78	174
Cruise-emissies	NO _x	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
	SO ₂	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8
	PM _{2,5}	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3

8.4 Resultaten

In deze Paragraaf presenteren wij de schattingen voor de toekomstige kosten van luchtvervuilende emissies. De resultaten tot 2030 zijn opgenomen in Paragraaf 8.4.1. De prognosejaren 2040 en 2050, met aanzienlijk grotere onzekerheden, zijn opgenomen in Paragraaf 8.4.2.

8.4.1 Resultaten voor 2030

In Tabel 47 zijn de totale kosten van luchtvervuilende emissies in 2030 weergegeven. De kosten op Nederlands grondgebied worden voornamelijk veroorzaakt door de binnenvaart, vrachtauto's en personenauto's. De bijdrage van elektrische voertuigen is klein, doordat deze voertuigen alleen slijtage-emissies veroorzaken, waarvan de schadelijkheid lager is dan van verbrandingsemissies. De lucht- en zeevaart veroorzaakt ook significante kosten door uitstoot van luchtvervuilende emissies, hoewel een groot gedeelte van deze emissies wel buiten Nederland plaatsvindt.

Tabel 47 - Totale kosten van luchtvervuilende emissies in 2030 in mln. €

Voertuigcategorie	Totale kosten
Personenvervoer op Nederlands grondgebied (mln. €)	
Personenauto totaal	417
– <i>Personenauto benzine</i>	307
– <i>Personenauto diesel</i>	52
– <i>Personenauto elektrisch</i>	8,6
– <i>Personenauto PHEV</i>	6,1
Motorfiets	13
Bromfiets	10
Ov-bus totaal	1,5
– <i>Ov-bus diesel</i>	0,57
– <i>Ov-bus elektrisch</i>	1,0
Touringcar	4,6
Personentrein totaal	39
– <i>Hoge snelheidstrein</i>	0,9
– <i>Personentrein diesel</i>	23
– <i>Personentrein elektrisch</i>	15
Goederenvervoer op Nederlands grondgebied (mln. €)	
Bestelauto totaal	159
– <i>Bestelauto diesel</i>	151
– <i>Bestelauto elektrisch</i>	0,7
Vrachtauto totaal	430
– <i>Vrachtauto diesel</i>	429
– <i>Vrachtauto elektrisch</i>	1,3
Goederentrein totaal	7,8
– <i>Goederentrein diesel</i>	9
– <i>Goederentrein elektrisch</i>	1,6
Binnenvaart	487
Internationale lucht- en zeevaart toegewezen aan Nederland (mln. €)	
Zeevaart	2.618
Luchtvaart personenvervoer	148
Luchtvaart goederenvervoer	43

De gemiddelde kosten van luchtvervuilende emissies zijn weergegeven in Tabel 48. Wat opvalt is dat de gemiddelde kosten van dieselpersonentreinen erg hoog zijn. De oorzaak hiervan ligt, gedeeltelijk, bij een verouderde methodiek voor de bepaling van de luchtvervuilende emissies door deze treinen, zoals beschreven in de hoofdrapportage (CE Delft, 2022). Daarnaast is te zien dat bromfietsen hogere gemiddelde kosten hebben dan personenauto's. Dit komt doordat bromfietsen relatief vervuilend zijn en ook omdat ze veel in stedelijke omgevingen rijden. Hier wonen meer mensen waardoor er meer gezondheidskosten zijn van de emissies.

Tabel 48 - Gemiddelde kosten van luchtvervuilende emissies op Nederlands grondgebied in 2030

Voertuigcategorie	Kosten
Personenvervoer op Nederlands grondgebied (€/1.000 rkm)	
Personenauto gemiddeld	2,5
- <i>Personenauto benzine</i>	2,5
- <i>Personenauto diesel</i>	5,1
- <i>Personenauto elektrisch</i>	0,33
- <i>Personenauto PHEV</i>	0,66
Motorfiets	4,2
Bromfiets	3,2
Ov-bus gemiddeld	0,41
- <i>Ov-bus diesel</i>	1,2
- <i>Ov-bus elektrisch</i>	0,30
Touringcar	0,58
Personentrein gemiddeld	1,7
- <i>Hoge snelheidstrein</i>	0,52
- <i>Personentrein diesel</i>	36
- <i>Personentrein elektrisch</i>	0,72
Bestelauto op Nederlands grondgebied (€/1.000 vkm)	
Bestelauto gemiddeld	8,0
- <i>Bestelauto diesel</i>	8,2
- <i>Bestelauto elektrisch</i>	0,48
Goederenvervoer op Nederlands grondgebied (€/1.000 tkm)	
Vrachtauto gemiddeld	6,5
- <i>Diesel</i>	7,0
- <i>Elektrisch</i>	0,24
Goederentrein gemiddeld	0,88
- <i>Goederentrein diesel</i>	10,3
- <i>Goederentrein elektrisch</i>	0,20
Binnenvaart	8,9

De gemiddelde kosten van de lucht- en zeevaart door luchtvervuilende emissies zijn weergegeven in Tabel 49.

Tabel 49 - Gemiddelde kosten van luchtvervuilende emissies voor internationale lucht- en zeevaart in 2030

Voertuigcategorie	Eenheid	Kosten
Zeevaart	€/1.000 tkm	1,1
Luchtvaart personenvervoer	€/1.000 rkm	1,1
Luchtvaart goederenvervoer	€/1.000 tkm	4,9

8.4.2 Doorkijk naar verdere toekomst (2040/2050 WLO)

In Tabel 50 staan de totale kosten van luchtvervuilende emissies op de lange termijn. Er zijn grote verschillen in deze kostenafhankelijk van WLO-scenario en voertuigtype. Voor personenauto's zijn de emissies in WLO-Hoog in 2050 lager dan in WLO-Laag (door het grotere aandeel elektrische auto's in WLO-Hoog). De waardering van emissies is echter hoger in WLO-Hoog, waardoor de totale kosten in WLO-Hoog toch hoger uitvallen dan in WLO-Laag. Bij vrachtauto's zijn de emissies vergelijkbaar in WLO-Laag en WLO-Hoog, waardoor de totale kosten in WLO-Hoog (vanwege de hogere waardering) een stuk hoger uitvallen dan in WLO-Laag.

Tabel 50 - Totale kosten van luchtvervuilende emissies in 2040 en 2050 in mln. €

Voertuigcategorie	2040 laag	2040 hoog	2050 laag	2050 hoog
Personenvervoer op Nederlands grondgebied (mln. €)				
Personenauto totaal	236	579	250	462
- <i>Personenauto fossiel</i>	224	473	229	289
- <i>Personenauto elektrisch</i>	12,2	107	21,2	174
Ov-bus totaal	0,8	1,9	0,8	2,1
- <i>Ov-bus fossiel</i>	-	-	-	-
- <i>Ov-bus elektrisch</i>	0,8	1,9	0,8	2,1
Personentrein totaal	32	88	35	99
- <i>Personentrein fossiel</i>	19	51	21	57
- <i>Personentrein elektrisch</i>	14	37	14	42
Goederenvervoer op Nederlands grondgebied (mln. €)				
Bestelauto totaal	50	117	45	80
- <i>Bestelauto fossiel</i>	49	108	44	71
- <i>Bestelauto elektrisch</i>	1,1	9,0	1,9	9,4
Vrachtauto totaal	301	750	320	725
- <i>Vrachtauto fossiel</i>	300	738	320	702
- <i>Vrachtauto elektrisch</i>	0,41	12	0,56	24
Goederentrein totaal	8,6	23	9,2	26
- <i>Goederentrein fossiel</i>	6,8	18	7,4	21
- <i>Goederentrein elektrisch</i>	1,8	4,1	1,9	4,7
Binnenvaart	306	788	329	872
Internationale lucht- en zeevaart toegewezen aan Nederland (mln. €)				
Luchtvaart personenvervoer	102	266	119	225
Luchtvaart goederenvervoer	36	63	42	51

In Tabel 51 staan de gemiddelde kosten van luchtvervuilende emissies in 2040 en 2050. Door de hogere waardering zijn de kosten in WLO-Hoog hoger dan in WLO-Laag.

Tabel 51 - Gemiddelde kosten van luchtvervuilende emissies op Nederlands grondgebied in 2040 en 2050

Voertuigcategorie	2040 laag	2040 hoog	2050 laag	2050 hoog
Personenvervoer op Nederlands grondgebied (€/1.000 rkm)				
Personenauto gemiddeld	1,5	2,6	1,5	1,9
- <i>Personenauto fossiel</i>	1,7	4,3	1,9	4,4
- <i>Personenauto elektrisch</i>	0,43	0,96	0,43	0,989
Ov-bus gemiddeld	0,18	0,42	0,18	0,43
- <i>Ov-bus fossiel</i>	-	-	-	-
- <i>Ov-bus elektrisch</i>	0,18	0,42	0,18	0,43
Personentrein gemiddeld	1,2	2,6	1,2	2,7
- <i>Personentrein fossiel</i>	25	57	26	57
- <i>Personentrein elektrisch</i>	0,50	1,1	0,50	1,2
Bestelauto op Nederlands grondgebied (€/1.000 vkm)				
Bestelauto gemiddeld	2,9	5,7	2,6	4,1
- <i>Bestelauto fossiel</i>	3,1	7,7	3,0	5,3
- <i>Bestelauto elektrisch</i>	0,62	1,4	0,62	1,4
Goederenvervoer op Nederlands grondgebied (€/1.000 tkm)				
Vrachtauto gemiddeld	4,9	10	5,1	8,6
- <i>Vrachtauto fossiel</i>	5,0	12	5,2	12
- <i>Vrachtauto elektrisch</i>	0,34	0,77	0,39	0,97
Goederentrein gemiddeld	0,94	2,1	0,97	2,1
- <i>Goederentrein fossiel</i>	7,4	16,6	7,6	16,8
- <i>Goederentrein elektrisch</i>	0,22	0,42	0,22	0,42
Binnenvaart	6,1	14	6,4	14

In Tabel 52 zijn de gemiddelde kosten van de luchtvaart in 2040 en 2050 weergegeven.

Tabel 52 - Gemiddelde kosten van luchtvervuilende emissies voor internationale luchtvaart in 2040 2050

Voertuigcategorie	2040 laag	2040 hoog	2050 laag	2050 hoog
Luchtvaart personenvervoer (€/1.000 rkm)		1,4	0,58	1,0
Luchtvaart goederenvervoer (€/1.000 tkm)	3,1	6,6	3,1	5,3

9 Kosten van emissies van brandstof- en elektriciteitsproductie

9.1 Inleiding

De vervoerssector veroorzaakt naast directe emissies ook een aantal indirecte emissies, zoals de emissies die worden uitgestoten tijdens de productie van brandstoffen en elektriciteit. De kosten van emissies van brandstof- en elektriciteitsproductie omvatten de gehele keten. Zo leiden de winning van grondstoffen, de verwerking in raffinaderijen en elektriciteitscentrales en het transport van de energiebronnen tot emissies van broeikasgassen en luchtvervuilende stoffen. Zeker voor voertuigen die op elektriciteit rijden is het relevant om deze kosten mee te nemen, aangezien er bij het gebruik van elektriciteit geen (directe) verbrandingsemissies vrijkomen. In dit hoofdstuk bekijken we de verwachte ontwikkeling van deze kosten richting 2050.

Bij de bepaling van kosten van emissies van brandstof- en elektriciteitsproductie hanteren we, evenals bij de kosten van broeikasgas- en luchtvervuilende emissies, een bottom-up-methode. Dat houdt in dat we allereerst per vervoerswijze het energieverbruik hebben bepaald, om vervolgens aan de hand van emissiefactoren per eenheid energie de bijbehorende emissies te bepalen. Deze emissies zijn gewaardeerd met behulp van relevante waarderingskentalen.

9.2 Ontwikkelingen richting 2050

De ontwikkelingen van de emissies van brandstof- en elektriciteitsproductie hangen sterk samen met de verwachte energietransitie. Het is daarom niet verwonderlijk dat er veel overlap is met de relevante ontwikkelingen voor broeikasgasemissies. Voor brandstof- en elektriciteitsproductie gaat het om de volgende ontwikkelingen:

- **Efficiëntere voertuigen.** Voertuigen worden naar verwachting efficiënter over de tijd, wat betekent dat ze minder brandstoffen/energie gaan verbruiken. Daardoor hoeft er ook minder brandstoffen/energie geproduceerd te worden, wat leidt tot lagere externe kosten.
- **Transportvolumes.** De verwachting is dat de omvang van transport verder gaat toenemen, zoals te zien is in Tabel 21. Dit zorgt ervoor dat de vraag naar brandstoffen en andere energiedragers toeneemt.
- **Energiedragers.** De emissies van productie van elektriciteit en brandstof verschillen per energiedrager. Een verschuiving in de energiemix kan dus invloed hebben op de omvang van de externe kosten van de emissies van brandstof- en elektriciteitsproductie.

- **Productiemethodes.** Naast de energiedrager is ook de productiemethode van de brandstoffen/elektriciteit van belang. Met name bij synthetische brandstoffen en elektriciteit zullen de emissies de komende jaren sterk verminderen doordat elektriciteit op een schonere wijze worden opgewekt.
- **Modal shift.** Het energieverbruik per reizigerskilometer of tonkilometer verschilt per vervoerswijze. Ook zijn er verschillen in de emissies bij de productie van verschillende energiedragers. Een grootschalige overstap naar elektrische treinen zal bijvoorbeeld zorgen voor een reductie in emissies door brandstof- en elektriciteitsproductie.

De inzet van fossiele brandstoffen voor wegtransport neemt af naar 2050, doordat er een grootschalige overstap naar hernieuwbare energievormen wordt verwacht. Het is de verwachting dat met name elektrisch vervoer toeneemt. De elektriciteitsproductie wordt aannemelijk schoner richting 2050 doordat een groter gedeelte van de emissies duurzaam wordt opgewekt en er minder gebruik wordt gemaakt van kolen en gas. In Tabel 53 zijn de emissies van elektriciteitsproductie in Nederland weergegeven.

Tabel 53 - Emissies van elektriciteitsproductie in Nederland

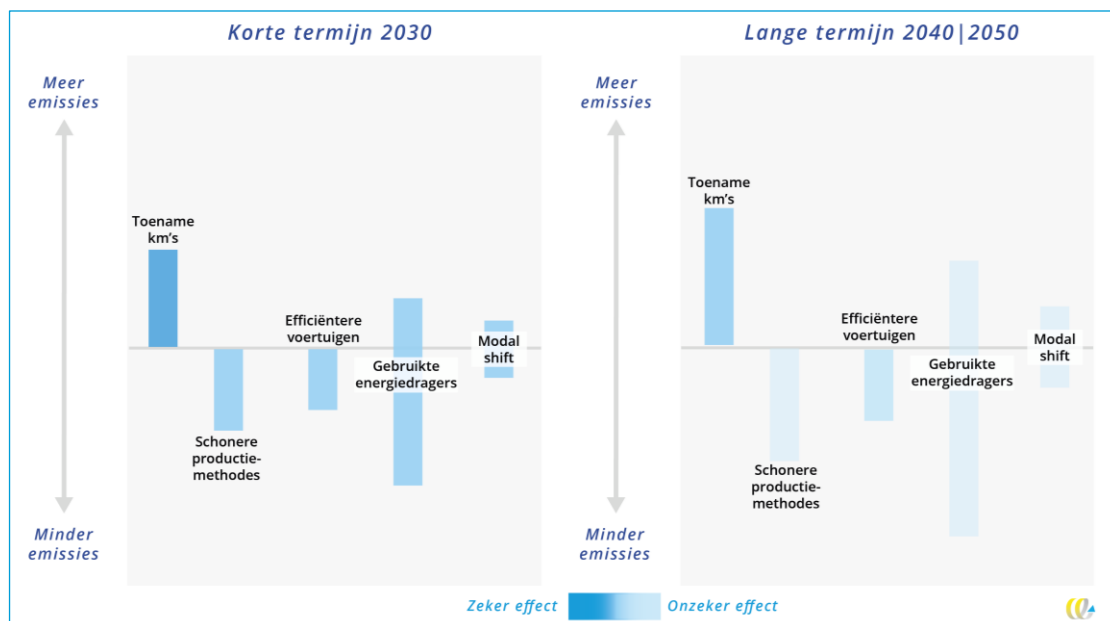
Eenheid	2018	2030	2040		2050	
			Laag	Hoog	Laag	Hoog
g CO ₂ -eq./GJ	137.000	28.930	43.380	22.926	32.662	8.447
g SO ₂ /GJ	97,0	5,6	8,4	4,4	6,3	1,6
g NO _x /GJ	5,00	0,29	0,43	0,23	0,32	0,08
g PM ₁₀ /GJ	41,0	3,9	5,9	3,1	4,5	1,2

Bron: (PBL, 2021a) en (CPB & PBL, 2015).

Voor de andere modaliteiten is nog onduidelijk welke energiedragers in de toekomst dominant gaan zijn. In de binnenvaart en de luchtvaart kijkt men voor de kortere termijn naar biobrandstoffen, terwijl op de langere termijn ook synthetische brandstoffen een goede optie zijn. In de zeevaart wordt gekeken naar verschillende mogelijke alternatieve brandstoffen, al is nog niet duidelijk welke opties dominant zal worden. Ook is van belang waar en op welke wijze deze energiedragers worden geproduceerd. Energiedragers die geproduceerd zijn uit hernieuwbare bronnen zijn milieuvriendelijker dan energiedragers die geproduceerd worden uit fossiele bronnen. Wanneer de zon als energiebron wordt gebruikt voor de brandstof dan is het efficiënter als productie plaatsvindt in locaties waar veel zonintensiteit is (bijvoorbeeld Noord-Afrika). In de KEV- en de WLO-scenario's wordt niet uitgegaan van een grootschalige overstap naar alternatieve brandstoffen voor de niet wegmodaliteiten.

De belangrijkste ontwikkelingen zijn samengevat in Figuur 41. De emissies hangen samen met het energieverbruik en de productiemethode. Over het algemeen worden de productiemethodes schoner. Wel is de verwachte ontwikkeling hierin bij elektriciteit of op elektriciteit gebaseerde energiedragers groter. Voor fossiele brandstoffen zijn er maar beperkte reducties mogelijk.

Figuur 41 - Ontwikkelingen van invloed op emissies productie brandstoffen en elektriciteit



Kwantitatieve inschatting ontwikkeling uitstoot luchtvervuilende emissies

Op basis van de KEV 2021 en de achtergronddata bij de WLO-scenario's is een inschatting gemaakt van de ontwikkeling van het totale energieverbruik, incl. biobrandstoffen, per vervoerswijze (zie Tabel 54). De ontwikkelingen, zoals hierboven beschreven, zijn daarbij allemaal, in meer of mindere mate, meegenomen.

Tabel 54 - Ontwikkeling van energieverbruik per vervoerswijze (2018=100)

Voertuigtype	Eenheid	2018	2030	2040		2050	
				Laag	Hoog	Laag	Hoog
Personenvervoer op Nederlands grondgebied							
Personenauto totaal	PJ	275	83	65	74	61	56
- Personenauto fossiel	PJ	274	79	61	59	55	34
- Personenauto elektrisch	PJ	0,43	2.339	2.399	9.185	3.994	13.996
Motorfiets	PJ	4,3	118	N.b.	N.b.	N.b.	N.b.
Bromfiets	PJ	2,7	74	N.b.	N.b.	N.b.	N.b.
Ov-bus totaal	PJ	6,2	48	58	72	52	75
- Ov-bus fossiel	PJ	6,1	6	-	-	-	-
- Ov-bus elektrisch	PJ	0,14	1.875	2.567	3.187	2.310	3.342
Touringcar	PJ	1,5	94	N.b.	N.b.	N.b.	N.b.
Fiets	PJ	0,040	103	109	136	105	148
Personentrein totaal	PJ	6,0	92	97	114	97	92
- Personentrein fossiel	PJ	0,61	70	69	69	65	51
- Personentrein elektrisch (incl. HSL)	PJ	5,4	94	100	119	101	97
Goederenvervoer op Nederlands grondgebied							
Bestelauto totaal		55	148	83	95	83	82
- Bestelauto fossiel	PJ	55	110	79	80	77	68
- Bestelauto elektrisch	PJ	0,020	9.136	11.108	41.505	18.057	40.731

Voertuigtype	Eenheid	2018	2030	2040		2050	
				Laag	Hoog	Laag	Hoog
Vrachtauto totaal	PJ	96	94	82	100	84	106
- Vrachtauto fossiel	PJ	93	90	81	90	83	86
- Vrachtauto elektrisch	PJ	3,45	3	1	10	1	20
Goederentrein totaal	PJ	0,87	151	180	157	204	151
- Goederentrein fossiel	PJ	0,45	141	168	147	190	141
- Goederentrein elektrisch	PJ	0,42	162	193	168	218	162
Binnenvaart totaal	PJ	26,22	105	103	116	101	122
Internationale vervoerswijzen toegedeeld aan Nederland							
Zeevaart totaal	PJ	137	108	N.b.	N.b.	N.b.	N.b.
Luchtvaart personen	PJ	122	122	130	137	143	136
Luchtvaart goederen	PJ	42	122	138	103	149	94

In de volgende tabel is aangegeven hoeveel biobrandstoffen worden bijgemengd in de verschillende scenario's.

Tabel 55 - Aandeel bijmenging per brandstof (% in energieverbruik)

	2018	2030	2040		2050	
			Laag	Hoog	Laag	Hoog
Benzine	4%	8%	7%	7%	7%	7%
Diesel personen- en bestelauto	5%	10%	9%	9%	9%	9%
Diesel vrachtwagens	5%	16%	9%	9%	9%	9%
Diesel spoorvervoer	5%	10%	9%	9%	9%	9%
Diesel binnenvaart	1%	10%	9%	9%	9%	9%
Zeevaart - HFO & MGO	-	-	N.b.	N.b.	N.b.	N.b.
Luchtvaart - kerosine	-	-	10%	15%	10%	20%

Bronnen: (CE Delft, 2020), (PBL, 2021a) en navraag bij PBL.

9.3 Waardering richting 2050

Emissies die vrijkomen bij de productie van brandstoffen en elektriciteit worden veelal uitgestoten via schoorstenen op zekere hoogte. Daarnaast komen een gedeelte van de emissies vrij bij vervoer op zee. De waardering van de luchtvervuilende emissies valt daardoor lager uit dan voor de directe (uitlaat)emissies (zoals weergegeven in Hoofdstuk 8. Voor CO₂-emissies geldt dat de waardering gelijk is aan de CO₂-prijzen zoals die zijn gepresenteerd in Hoofdstuk 7.

De resulterende waarderingskentallen zijn weergegeven in Tabel 56 en Tabel 57. Voor luchtvervuilende stoffen zitten er voornamelijk verschillen tussen de lage en hoge waarden. De waardering verandert weinig door de tijd.

Tabel 56 - Waarderingskentallen voor emissies van brandstof- en elektriciteitsproductie (€/ton voor CO₂) prijzen voor Nederland tot 2050

€ per ton CO ₂	2018	2030	2040	2050
Huidig beleid - Laag	16	24	34	47
Huidig beleid - Hoog	63	95	139	188
2-graden	111	156	220	311

Bij de bepaling van de CO₂-prijzen voor 2018 zijn conform CPB & PBL, (2016) de prijzen verdisconteerd met 3,5% per jaar.

Tabel 57 - Waarderingskennallen voor emissies van brandstof- en elektriciteitsproductie (€/kg)

Stof	2018			2030	2040		2050	
	Laag	Centraal	Hoog	Centraal	Laag	Hoog	Laag	Hoog
NO _x	13,1	19,1	29,5	19,6	13,4	31,2	13,4	31,5
SO _x	8,1	12,5	37,8	12,7	8,2	39,0	8,2	39,2
PM _{2,5}	27,0	37,9	58,1	38,9	27,6	61,2	27,5	61,8

9.4 Resultaten

In deze paragraaf presenteren wij de schattingen voor de toekomstige externe kosten van emissies die vrijkomen bij de productie van brandstoffen en elektriciteit. De resultaten tot 2030 zijn opgenomen in Paragraaf 9.4.1. De prognosejaren 2040 en 2050, met aanzienlijk grotere onzekerheden, zijn opgenomen in Paragraaf 9.4.2.

9.4.1 Resultaten voor 2030

In Tabel 58 zijn de totale externe kosten van emissies door brandstof- en elektriciteitsproductie weergegeven. De hoogste kosten worden veroorzaakt door personenauto's en vrachtauto's. Ook de internationale lucht- en zeevaart toegewezen aan Nederland zorgen voor significante kosten.

Tabel 58 - Totale kosten van emissies door brandstof- en elektriciteitsproductie in 2030 in mln. €

Voertuigcategorie	Lage CO ₂ -prijs	Hoge CO ₂ -prijs	2-gradenprijs
Personenvervoer op Nederlands grondgebied (mln. €)			
Personenauto totaal	738	1.086	1.385
- <i>Personenauto benzine</i>	656	942	1.188
- <i>Personenauto diesel</i>	40	64	86
- <i>Personenauto elektrisch</i>	9	29	47
- <i>Personenauto PHEV</i>	31	47	60
Motorfiets	17	25	31
Bromfiets	7	10	12
Ov-bus totaal	3,1	9,1	14
- <i>Ov-bus diesel</i>	0,91	1,5	2,0
- <i>Ov-bus elektrisch</i>	2,2	7,6	12
Touringcar	3,5	5,7	7,6
Fiets	0,04	0,12	0,19
Personentrein totaal	5,4	16	26
- <i>Hoge snelheidstrein</i>	0,24	0,8	1,3
- <i>Personentrein diesel</i>	1,1	1,7	2,3
- <i>Personentrein elektrisch</i>	4,1	14	22
Goederenvervoer op Nederlands grondgebied (mln. €)			
Bestelauto totaal	157	258	344
- <i>Bestelauto diesel</i>	156	252	336
- <i>Bestelauto elektrisch</i>	1,5	5,2	8,4
Vrachtauto totaal	224	368	491
- <i>Vrachtauto diesel</i>	221	358	475
- <i>Vrachtauto elektrisch</i>	3,0	10	16
Goederentrein totaal	1,5	3,5	5,2
- <i>Goederentrein diesel</i>	1,0	1,6	2,1
- <i>Goederentrein elektrisch</i>	0,55	1,9	3,0

Voertuigcategorie	Lage CO ₂ -prijs	Hoge CO ₂ -prijs	2-gradenprijs
Binnenvaart	69	111	148
Internationale lucht- en zeevaart toegewezen aan Nederland (mln. €)			
Zeevaart	353	545	710
Luchtvaart personenvervoer	407	619	801
Luchtvaart goederenvervoer	140	213	276

Tabel 59 geeft de gemiddelde kosten van emissies door brandstof- en elektriciteitsproductie weer. De gemiddelde kosten voor elektrische voertuigen zijn lager doordat de productie van elektriciteit schoner is dan de productie van motorbrandstoffen. Dit geldt met name voor de uitstoot van broeikasgassen.

Tabel 59 - Gemiddelde kosten van emissies door brandstof- en elektriciteitsproductie op Nederlands grondgebied in 2030

Voertuigcategorie	Lage CO ₂ -prijs	Hoge CO ₂ -prijs	2-gradenprijs
Personenvervoer op Nederlands grondgebied (€/1.000 rkm)			
Personenauto gemiddeld	4,4	6,5	8,28
- <i>Personenauto benzine</i>	5,4	7,8	10
- <i>Personenauto diesel</i>	3,9	6,3	8,4
- <i>Personenauto elektrisch</i>	0,33	1,1	1,8
- <i>Personenauto PHEV</i>	3,4	5,0	6,5
Motorfiets	5,6	8,0	10
Bromfiets	2,3	3,2	4,1
Ov-bus gemiddeld	0,84	2,4	3,8
- <i>Ov-bus diesel</i>	1,9	3,1	4,1
- <i>Ov-bus elektrisch</i>	0,68	2,3	3,7
Touringcar	0,45	0,72	1,0
Fiets ¹⁵	0,0019	0,0064	0,010
Personentrein gemiddeld	0,23	0,71	1,1
- <i>Hoge snelheidstrein</i>	0,14	0,48	0,77
- <i>Personentrein diesel</i>	1,7	2,7	3,6
- <i>Personentrein elektrisch</i>	0,20	0,67	1,1
Bestelauto op Nederlands grondgebied (€/1.000 vkm)			
Bestelauto gemiddeld	7,9	13	17
- <i>Bestelauto diesel</i>	8,5	14	18
- <i>Bestelauto elektrisch</i>	1,0	3,4	5,5
Goederenvervoer op Nederlands grondgebied (€/1.000 tkm)			
Vrachtauto gemiddeld	3,4	5,6	7,4
- <i>Diesel</i>	3,6	5,9	7,8
- <i>Elektrisch</i>	0,56	1,9	3,1
Goederentrein gemiddeld	0,17	0,39	0,58
- <i>Goederentrein diesel</i>	1,11	1,79	2,39
- <i>Goederentrein elektrisch</i>	0,07	0,24	0,38
Binnenvaart	1,3	2,0	2,7

¹⁵ Het gaat hier om emissies die afkomstig zijn van elektrische fietsen

In Tabel 60 staan de gemiddelde kosten van emissies van brandstofproductie voor de lucht- en zeevaart.

Tabel 60 - Gemiddelde kosten van emissies door brandstof- en elektriciteitsproductie voor internationale lucht- en zeevaart in 2030

Voertuigcategorie	Eenheid	Lage CO ₂ -prijs	Hoge CO ₂ -prijs	2-gradenprijs
Zeevaart	€/1.000 tkm	0,15	0,23	0,29
Luchtvaart personenvervoer	€/1.000 rkm	3,0	4,5	5,8
Luchtvaart goederenvervoer	€/1.000 tkm	16	24	31

9.4.2 Doorkijk naar verdere toekomst (2040/2050 WLO)

Tabel 61 geeft de totale externe kosten van emissies door brandstof- en elektriciteitsproductie in 2040 en 2050 weer. De waardering van emissies is hoger in WLO-Hoog dan WLO-Laag. Hierdoor vallen, ondanks dat emissies in bepaalde gevallen lager zijn in WLO-Hoog dan in WLO-Laag, de kosten in WLO-Hoog overal hoger uit.

Tabel 61 - Totale kosten van emissies door brandstof- en elektriciteitsproductie in 2040 en 2050 in mln. €

Voertuigcategorie	2040 laag	2040 hoog	2050 laag	2050 hoog
Personenvervoer op Nederlands grondgebied (mln. €)				
Personenauto totaal	432	1.607	448	1.040
- <i>Personenauto fossiel</i>	430	1.596	445	1.032
- <i>Personenauto elektrisch</i>	1,3	10	2,2	7,9
Ov-bus totaal	0,44	1,06	0,45	0,56
- <i>Ov-bus fossiel</i>	-	-	-	-
- <i>Ov-bus elektrisch</i>	0,44	1,1	0,45	0,56
Fiets	0,010	0,028	0,011	0,016
Personentrein totaal	1,6	5,0	1,7	3,5
- <i>Personentrein fossiel</i>	0,90	3,3	1,0	2,8
- <i>Personentrein elektrisch</i>	0,67	1,6	0,70	0,68
Goederenvervoer op Nederlands grondgebied (mln. €)				
Bestelauto totaal	93	352	102	344
- <i>Bestelauto fossiel</i>	93	350	101	343
- <i>Bestelauto elektrisch</i>	0,27	2,1	0,46	1,0
Vrachtauto totaal	174	712	199	801
- <i>Vrachtauto fossiel</i>	174	710	199	798
- <i>Vrachtauto elektrisch</i>	0,10	2,7	0,14	2,6
Goederentrein totaal	1,6	6,6	1,8	8,3
- <i>Goederentrein fossiel</i>	1,4	6,0	1,6	7,9
- <i>Goederentrein elektrisch</i>	0,25	0,60	0,27	0,35
Binnenvaart	58	241	64	296
Internationale lucht- en zeevaart toegewezen aan Nederland (mln. €)				
Luchtvaart personenvervoer	336	1.336	425	1.522
Luchtvaart goederenvervoer	123	346	153	363

De gemiddelde kosten van emissies door brandstof- en elektriciteitsproductie in 2040 en 2050 staan in Tabel 62. In het lage WLO-scenario is de waardering lager dan in WLO-Hoog, waardoor de kosten in dat scenario over het algemeen lager zijn. Een uitzondering hierop zijn de gemiddelde kosten van elektrische voertuigen. Doordat de elektriciteitsproductie in 2050 in WLO-Hoog schoner is dan in WLO-Laag, vallen de kosten in 2050 gemiddeld lager uit voor elektrische voertuigen in WLO-Hoog.

Tabel 62 - Gemiddelde kosten van emissies door brandstof- en elektriciteitsproductie op Nederlands grondgebied in 2040 en 2050

Voertuigcategorie	2040 laag	2040 hoog	2050 laag	2050 hoog
Personenvervoer op Nederlands grondgebied (€/1.000 rkm)				
Personenauto gemiddeld	2,7	7,3	2,6	4,3
- <i>Personenauto fossiel</i>	3,3	14,5	3,7	15,7
- <i>Personenauto elektrisch</i>	0,05	0,09	0,05	0,045
Ov-bus gemiddeld	0,11	0,23	0,11	0,11
- <i>Ov-bus fossiel</i>	-	-	-	-
- <i>Ov-bus elektrisch</i>	0,11	0,23	0,11	0,11
Fiets	0,00049	0,00133	0,00056	0,00074
Personentrein gemiddeld	0,06	0,15	0,06	0,10
- <i>Personentrein fossiel</i>	1,2	3,7	1,2	2,8
- <i>Personentrein elektrisch</i>	0,025	0,051	0,024	0,019
Bestelauto op Nederlands grondgebied (€/1.000 vkm)				
Bestelauto gemiddeld	5,3	17	5,7	17
- <i>Bestelauto fossiel</i>	5,9	25	6,9	26
- <i>Bestelauto elektrisch</i>	0,16	0,33	0,15	0,16
Goederenvervoer op Nederlands grondgebied (€/1.000 tkm)				
Vrachtauto gemiddeld	2,8	9,4	3,2	9,5
- <i>Vrachtauto fossiel</i>	2,9	12	3,3	13
- <i>Vrachtauto elektrisch</i>	0,08	0,18	0,10	0,11
Goederentrein gemiddeld	0,18	0,60	0,19	0,67
- <i>Goederentrein fossiel</i>	1,47	5,4	1,64	6,3
- <i>Goederentrein elektrisch</i>	0,030	0,061	0,031	0,031
Binnenvaart	1,2	4,3	1,2	4,8

In Tabel 63 staan de gemiddelde kosten van emissies door brandstof voor de luchtvaart.

Tabel 63 - Gemiddelde kosten van emissies door brandstof- en elektriciteitsproductie voor internationale luchtvaart in 2040 en 2050

Voertuigcategorie	2040 laag	2040 hoog	2050 laag	2050 hoog
Luchtvaart personenvervoer (€/1.000 rkm)	1,9	7	2,1	6,9
Luchtvaart goederenvervoer (€/1.000 tkm)	10	37	11	37

10 Kosten van geluid

10.1 Inleiding

De externe geluidskosten kunnen worden gedefinieerd als de kosten voor derden (bijvoorbeeld omwonenden) van verkeersgeluid dat leidt tot fysieke of psychische klachten bij deze mensen. Er kunnen hierbij twee elementen onderscheiden worden:

- **Overlastkosten:** sociale en/of economische kosten van een belemmering van ontspanningsactiviteiten, ongenoegen, overlast (pijn, lijden), etc.
- **Gezondheidskosten:** verkeersgeluid kan ook fysieke gezondheidsschade veroorzaken, zoals hartziekten en hoge bloeddruk.

Externe geluidskosten worden bepaald voor het wegverkeer, spoorvervoer en de luchtvaart. Voor de scheepvaart zijn geen berekeningen van de geluidskosten uitgevoerd, omdat geluidsoverlast zeer beperkt voorkomt bij deze vervoerswijzen.

Voor de bepaling van de externe geluidskosten is een top-down-methode gehanteerd. Op basis van het aantal geluidgehinderde personen en relevante waarderingskennallen per persoon zijn allereerst de totale geluidskosten per modaliteit bepaald. Deze totale kosten zijn vervolgens toegedeeld aan de verschillende vervoerswijzen op basis van voertuigkilometers en specifieke geluidweefactoren (die verschillen in geluidproductie tussen vervoerswijzen reflecteren). Voor een nadere toelichting op de bepaling van de externe geluidskosten verwijzen we naar CE Delft, (2022).

In het vervolg van dit hoofdstuk lichten we toe hoe de externe geluidskosten voor 2030, 2040 en 2050 zijn ingeschat.

10.2 Ontwikkelingen richting 2050

Als uitvloeisel van de EU-richtlijn Omgevingslawaai moeten Rijkswaterstaat, ProRail, provincies en alle gemeenten om de vijf jaar geluidkaarten en een actieplan voor omgevingslawaai vaststellen. In de meest recente actieplannen van relevante instanties (onder andere (Ministerie van I&M, 2018b) (Ministerie van I&M, 2018a)) wordt besproken dat in de periode 2011 - 2016 de geluidsbelasting is afgenomen. In de actieplannen wordt ook de verwachting uitgesproken dat de geluidsbelasting tot 2023 verder zal afnemen. Dit komt mede door de voorwaarden die de, in 2012 aangepaste, Wet geluidhinder stelt. Hierin staan voor rijks- en spoorwegen geluidsplafonds voorgeschreven. Daarnaast is er de voorwaarde dat jaarlijks wordt beoordeeld of deze plafonds worden overschreden om rekening te houden met de autonome groei van verkeer. Ook valt de regelgeving samen met een eenmalige sanering van te hoge geluidsbelastingen door rijkswegen en spoorwegen (de zogenaamde Meerjarenprogramma's Geluidsanering). Met de invoering van de Omgevingswet (naar verwachting halverwege 2022), gaat een vergelijkbare regeling met geluidproductieplafonds gelden voor provinciale en regionale wegen.

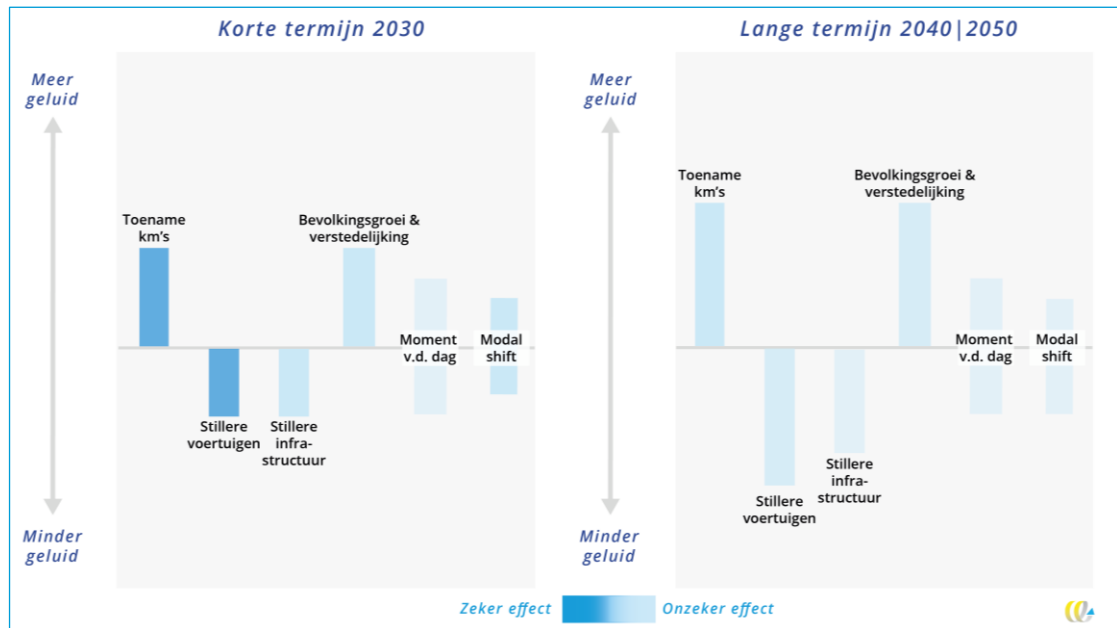
Op de langere termijn zijn er andere ontwikkelingen die invloed hebben op de geluidproductie van het verkeer in Nederland:

- **Stillere voertuigen.** Voertuigen worden stiller door strengere normeringen, verdere elektrificatie en stillere banden. Elektrische voertuigen zorgen met name op lagere snelheden voor minder geluidsoverlast. Tegelijkertijd zijn elektrische voertuigen (momenteel) wel zwaarder, waardoor het bandengeluid toeneemt.
- **Stillere infrastructuur.** Infrastructuurprojecten, zoals de Meerjarenprogramma's Geluidsanering, zorgen ervoor dat het geluid vermindert (bijvoorbeeld door stiller asfalt) en/of de impact ervan wordt verminderd (bijvoorbeeld met geluidsschermen of isolatie van huizen).
- **Transportvolumes.** De verwachting is dat de omvang van transport verder gaat toenemen, zoals te zien is in Tabel 21. Dit zorgt ervoor dat er meer geluid wordt geproduceerd.
- **Verdichting en verstedelijking.** Verdichting en verstedelijking zorgt ervoor dat binnenstedelijke verkeersintensiteit toeneemt. Daarnaast zorgt verdichting ervoor dat er meer mensen wonen op plaatsen met veel verkeer, waardoor ook meer mensen potentieel last kunnen hebben van het geluid. Daarentegen zijn de meeste milieu- en ZE-zones gericht op in stedelijke omgeving. De invloed die dit heeft op het aandeel elektrische voertuigen in de binnenstad kan juist weer een positief effect hebben op de ervaren geluidsoverlast.
- **Isolatie van huizen.** De meeste geluidsoverlast ervaren mensen thuis. Betere isolatie van huizen zorgt ervoor dat geluid minder overlast veroorzaakt bij de bewoners.
- **Verplaatsing van belasting.** Geluid dat 's nachts of 's avonds optreedt heeft een grotere impact dan geluid overdag. Vanwege dit effect vermindert de Rijksoverheid het aantal nachtvluchten (Ministerie van I&W, 2020a). Dit kan de nadelige effecten van vliegtuiggeluid verminderen.

Samenvatting belangrijkste ontwikkelingen

Figuur 42 vat de belangrijkste ontwikkelingen samen die invloed hebben op geluidsoverlast door transport. Op de korte termijn is er de meeste zekerheid in de ontwikkeling van stillere voertuigen en transportvolumes op de geluidsniveaus. Op de langere termijn zijn ook deze trends echter, evenals de andere trends, onzeker.

Figuur 42 - Ontwikkelingen van invloed op geluidsoverlast door transport



Kwantitatieve inschatting aantal geluidgehinderde personen

De modellering van geluidsbelasting is complex en daarnaast ligt de verantwoordelijkheid bij verschillende actoren. Als gevolg hiervan zijn er geen kwantitatieve projecties beschikbaar over de ontwikkeling van geluidsbelasting door transport. Het is daarom lastig om een allesomvattende inschatting te maken van de ontwikkeling van het aantal geluidbelaste personen in 2030, 2040 en 2050. Wel is het door de invoer van geluidsproductieplafonds theoretisch niet mogelijk dat de belasting van geluid toeneemt boven de plafonds. Onder de plafonds, op niveaus waar ook geluidsoverlast ontstaat, is het nog wel mogelijk dat meer mensen overlast ervaren. Omdat er tegengestelde effecten zijn kiezen we er voor om de geluidsoverlast ten opzichte van 2018 constant te houden.

10.3 Waardering richting 2050

De waardering van de schadelijke effecten van geluid bestaat uit twee onderdelen. Enerzijds is er de overlast die mensen ervaren en anderzijds de gezondheidseffecten die mensen ondervinden. We volgen het advies van de Werkgroep Discontovoet om de waardering van gezondheid constant te houden over de tijd. Ook voor de waardering van overlast zijn er geen redenen om van een andere waardering uit te gaan. We gaan daarom uit van dezelfde kentallen als in het Hoofdrapport (CE Delft, 2022). Meer informatie over het tot stand komen van de kentallen kan in de hoofdrapportage gevonden worden.

Tabel 64 - Waarderingskenticellen voor verkeersgeluid in Nederland (in € per dB(A) per persoon per jaar)

Lden dB(A)	Wegverkeer			Luchtvaart		
	Overlast	Gezondheid	Totaal	Overlast	Gezondheid	Totaal
50-54	16	4	20	39	8	47
55-59	33	4	37	78	8	86
60-64	33	8	41	78	12	90
65-69	62	12	74	149	16	165
70-74	62	17	79	149	21	170
≥ 75	62	21	83	149	26	175

Bronnen: (Defra, 2014) & (Bristow et al., 2015).

10.4 Resultaten

In deze Paragraaf presenteren wij de schattingen voor de toekomstige geluidskosten. De resultaten tot 2030 zijn opgenomen in Paragraaf 10.4.1. De prognosejaren 2040 en 2050, met aanzienlijk grotere onzekerheden, zijn opgenomen in Paragraaf 10.4.2.

10.4.1 Resultaten voor 2030

In Tabel 65 staan de totale kosten van geluidsoverlast in 2030. De totale kosten zijn gelijk gehouden aan 2018. Er is bij de verdeling naar vervoerswijze wel rekening gehouden met veranderingen in transportvolumes. De belangrijkste veroorzakers zijn personenauto's, bromfietsen en vrachtauto's.

Tabel 65 - Totale kosten van geluid in 2030 in mln. €

Voertuigcategorie	Kosten
Personenvervoer op Nederlands grondgebied (mln. €)	
Personenauto totaal	683
- <i>Personenauto benzine</i>	545
- <i>Personenauto diesel</i>	33
- <i>Personenauto elektrisch</i>	54
- <i>Personenauto PHEV</i>	22
Motorfiets	134
Bromfiets	411
Ov-bus totaal	30
- <i>Ov-bus diesel</i>	10
- <i>Ov-bus elektrisch</i>	20
Touringcar	7,0
Personentrein totaal	24
- <i>Hoge snelheidstrein</i>	0,19
- <i>Personentrein diesel</i>	1,9
- <i>Personentrein elektrisch</i>	22
Goederenvervoer op Nederlands grondgebied (mln. €)	
Bestelauto totaal	116
- <i>Bestelauto diesel</i>	107
- <i>Bestelauto elektrisch</i>	5,3
Vrachtauto totaal	315
- <i>Vrachtauto diesel</i>	303
- <i>Vrachtauto elektrisch</i>	12

Voertuigcategorie	Kosten
Goederentrein totaal	5,9
- Goederentrein diesel	0,6
- Goederentrein elektrisch	5,3
Internationale lucht- en zeevaart toegewezen aan Nederland (mln. €)	
Luchtvaart personenvervoer	40
Luchtvaart goederenvervoer	5,1

Tabel 66 geeft de gemiddelde kosten van geluid weer in 2030. De kosten zijn het hoogst voor bromfietsen en motorfietsen.

Tabel 66 - Gemiddelde kosten van geluid op Nederlands grondgebied in 2030

Voertuigcategorie	Kosten
Personenvervoer op Nederlands grondgebied (€/1.000 rkm)	
Personenauto gemiddeld	4,1
- <i>Personenauto benzine</i>	4,5
- <i>Personenauto diesel</i>	3,3
- <i>Personenauto elektrisch</i>	2,1
- <i>Personenauto PHEV</i>	2,4
Motorfiets	47
Bromfiets	135,8
Ov-bus gemiddeld	7,8
- <i>Ov-bus diesel</i>	20,3
- <i>Ov-bus elektrisch</i>	6,0
Touringcar	0,88
Personentrein gemiddeld	1,0
- <i>Hoge snelheidstrein</i>	0,11
- <i>Personentrein diesel</i>	3,0
- <i>Personentrein elektrisch</i>	1,1
Bestelauto op Nederlands grondgebied (€/1.000 vkm)	
Bestelauto gemiddeld	5,9
- <i>Bestelauto diesel</i>	5,9
- <i>Bestelauto elektrisch</i>	3,5
Goederenvervoer op Nederlands grondgebied (€/1.000 tkm)	
Vrachtauto gemiddeld	4,8
- <i>Diesel</i>	5,0
- <i>Elektrisch</i>	2,3
Goederentrein gemiddeld	0,85
- <i>Goederentrein diesel</i>	0,68
- <i>Goederentrein elektrisch</i>	0,67

De gemiddelde kosten van geluid voor de luchtvaart staan in Tabel 67. De geluidsoverlast wordt voornamelijk tijdens de LTO-fase veroorzaakt. Omdat de gemiddelde kosten worden bepaald voor de gehele vlucht, vallen de gemiddelde geluidskosten voor de luchtvaart relatief laag uit.

Tabel 67 - Gemiddelde kosten van geluid voor internationale luchtvaart in 2030

Voertuigcategorie	Eenheid	Kosten
Luchtvaart personenvervoer	€/1.000 rkm	0,36
Luchtvaart goederenvervoer	€/1.000 tkm	0,74

10.4.2 Doorkijk naar verdere toekomst (2040/2050 WLO)

Tabel 68 presenteert een inschatting van de totale kosten van geluid. De totale kosten zijn gelijk gehouden per vervoerswijze. Er is wel rekening gehouden met de veranderingen in vlootaandelen van de verschillende aandrijflijnen.

Tabel 68 - Totale kosten van geluid in 2040 en 2050 in mln. €

Voertuigcategorie	2040 laag	2040 hoog	2050 laag	2050 hoog
Personenvervoer op Nederlands grondgebied (mln. €)				
Personenauto totaal	683	683	683	683
- <i>Personenauto fossiel</i>	620	467	575	306
- <i>Personenauto elektrisch</i>	62,6	216	107,5	377
Ov-bus totaal	29,6	29,6	29,6	29,6
- <i>Ov-bus fossiel</i>	-	-	-	-
- <i>Ov-bus elektrisch</i>	29,6	29,6	29,6	29,6
Personentrein totaal	24	24	24	24
- <i>Personentrein fossiel</i>	1,8	1,8	1,8	1,8
- <i>Personentrein elektrisch</i>	23	23	23	23
Goederenvervoer op Nederlands grondgebied (mln. €)				
Bestelauto totaal	116	116	116	116
- <i>Bestelauto fossiel</i>	109	91	103	90
- <i>Bestelauto elektrisch</i>	7,2	24,7	12,7	26,4
Vrachtauto totaal	315	315	315	315
- <i>Vrachtauto fossiel</i>	312	283	312	266
- <i>Vrachtauto elektrisch</i>	2,9	31	3,27	49
Goederentrein totaal	5,9	5,9	5,9	5,9
- <i>Goederentrein fossiel</i>	0,6	0,6	0,6	0,6
- <i>Goederentrein elektrisch</i>	5,3	5,3	5,3	5,3
Internationale lucht- en zeevaart toegewezen aan Nederland (mln. €)				
Luchtvaart personenvervoer	39	41	40	41
Luchtvaart goederenvervoer	5,4	4,0	5,3	3,7

In Tabel 69 zijn de gemiddelde kosten van geluid op Nederlands grondgebied weergegeven. De totale kosten zijn constant gehouden. Doordat transportvolumes veranderen vallen de gemiddelde kosten hoger of lager uit, afhankelijk van de vervoerswijze.

Tabel 69 - Gemiddelde kosten van geluid op Nederlands grondgebied in 2040 en 2050

Voertuigcategorie	2040 laag	2040 hoog	2050 laag	2050 hoog
Personenvervoer op Nederlands grondgebied (€/1.000 rkm)				
Personenauto gemiddeld	4,3	3,1	4,0	2,8
- <i>Personenauto fossiel</i>	4,8	4,2	4,7	4,7
- <i>Personenauto elektrisch</i>	2,2	1,9	2,2	2,1
Ov-bus gemiddeld	7,3	6,4	7,1	5,9
- <i>Ov-bus fossiel</i>	-	-	-	-
- <i>Ov-bus elektrisch</i>	7,3	6,4	7,1	5,9
Personentrein gemiddeld	0,87	0,74	0,8	0,66
- <i>Personentrein fossiel</i>	2,4	2,0	2,2	1,8
- <i>Personentrein elektrisch</i>	0,83	0,70	0,78	0,63
Bestelauto op Nederlands grondgebied (€/1.000 vkm)				
Bestelauto gemiddeld	6,6	5,7	6,6	5,9
- <i>Bestelauto fossiel</i>	6,9	6,5	7,1	6,8
- <i>Bestelauto elektrisch</i>	4,1	3,9	4,2	4,0
Goederenvervoer op Nederlands grondgebied (€/1.000 tkm)				
Vrachtauto gemiddeld	5,2	4,2	5,0	3,7
- <i>Vrachtauto fossiel</i>	5,2	4,7	5,1	4,5
- <i>Vrachtauto elektrisch</i>	2,3	2,1	2,3	2,0
Goederentrein gemiddeld	0,65	0,54	0,62	0,48
- <i>Goederentrein fossiel</i>	0,66	0,55	0,63	0,49
- <i>Goederentrein elektrisch</i>	0,64	0,54	0,62	0,48
Binnenvaart	0,0	0	0,0	0

In Tabel 70 staan de gemiddelde kosten van geluid door de luchtvaart. Omdat de transportvolumes toenemen in de tijd vallen de gemiddelde kosten in 2050 lager uit dan in 2040.

Tabel 70 - Gemiddelde kosten van geluid voor internationale luchtvaart in 2040 en 2050

Voertuigcategorie	2040 laag	2040 hoog	2050 laag	2050 hoog
Luchtvaart personenvervoer (€/1.000 rkm)	0,45	0,42	0,19	0,19
Luchtvaart goederenvervoer (€/1.000 tkm)	0,91	0,85	0,39	0,38

11 Kosten van congestie

11.1 Inleiding

Congestie is een belangrijke kostenpost voor verkeer. De dagelijkse files op de Nederlandse snelwegen zijn wellicht het bekendste voorbeeld van congestie op het Nederlandse wegennet, maar zeker zo belangrijk zijn de vertragingen die optreden door verkeersdruk in de stedelijke omgeving. Verkeersdeelnemers die de weg op gaan, houden bij deze beslissing rekening met congestiekosten zoals ze die zelf (verwachten te gaan) ervaren. Dit zijn voor hen dus interne kosten. Echter, ze houden geen rekening met de vertraging en bijbehorende kosten die ze veroorzaken voor andere weggebruikers. Dergelijke kosten zijn extern van aard.

Congestiekosten kunnen worden gedefinieerd als de toename in de gegeneraliseerde gebruikerskosten wanneer de wegcapaciteit schaarser wordt. In lijn met (CE Delft, 2022) onderscheiden we de volgende elementen als onderdeel van de congestiekosten: kosten van reistijdverliezen, de kosten van onbetrouwbare reistijden, plankosten (kosten die optreden doordat men anticipeert op files/vertragingen en daarom op een ander tijdstip dan het voorkeurstijdstip vertrekt of kiest voor een andere route), en indirecte kosten (bijv. extra ov-investeringen die nodig zijn om reizigers te faciliteren die de auto vanwege de congestie vervuilen voor het ov).

Zoals aangegeven in CE Delft, (2022) zijn er twee veelgebruikte concepten voor totale/ gemiddelde congestiekosten: *vertragingskosten* en *'deadweight loss' kosten*. Bij de *vertragingskosten* worden de kosten die samenhangen met alle vertragingen die weggebruikers ondervinden (ten opzichte van een situatie met een vrije doorstroming of een bepaalde referentiesnelheid) meegenomen als congestiekosten. De *'deadweight loss'* kosten verwijzen naar de kosten die optreden ten opzichte van het optimale congestieniveau¹⁶. In deze studie hanteren we het concept van *vertragingskosten*, omdat dit concept het best aansluit bij de scope van de andere externe kosten (zie voor een nadere toelichting Hoofdstuk 9 van CE Delft, (2022)). Wel geldt voor de *vertragingskosten* dat die niet volledig extern zijn, maar ook gedeeltelijk intern. Dit moet in gedachten gehouden worden bij de interpretatie van de schattingen van de congestiekosten en vooral in vergelijking met de andere kostenposten.

Voor de bepaling van de omvang van de *vertragingskosten* onderscheiden we drie stappen:

1. Het bepalen van de voertuigverliesuren op het hoofdwegennet en het stedelijke wegennet¹⁷.
2. Het waarderen van de voertuigverliesuren met behulp van waarderingskentallen voor de *'Value of Time'*.
3. Het bepalen van de overige congestiekosten (onbetrouwbaarheid reistijd, plankosten, indirecte kosten) m.b.v. specifieke kentallen.

¹⁶ Dat wil zeggen, het congestieniveau waarbij de marginale maatschappelijke congestiekosten even groot zijn als de marginale kosten van de reductie van congestie.

¹⁷ Voor het onderliggend wegennet buiten de stedelijke omgeving zijn geen betrouwbare data over voertuigverliesuren bekend. De kosten van congestie op deze wegen blijven daarom ook buiten beschouwing.



In het vervolg van dit hoofdstuk zullen we nader ingaan op de inschatting van de congestie-kosten voor 2030 en 2040/2050. De bepaling van deze kosten in de toekomst is echter complex, o.a. vanwege de volgende factoren:

- **Congestievorming is sterk niet-lineair.** Dit wil zeggen dat een bepaalde toename van de verkeersstromen niet hoeft te leiden tot een evenredige toename in de congestie. In de praktijk zal de congestie op een weg laag zijn totdat de maximale wegcapaciteit wordt benaderd. Als er vanaf dat punt meer mensen van dezelfde weg gebruikmaken, dan zal de congestie sterk toenemen. Omgekeerd is het zo dat een afname van de verkeersintensiteit een sterke daling in congestie tot gevolg kan hebben (PBL & CPB, 2020).
- **De spreiding van verkeer over een dag bepaalt de congestie.** De mate van congestie kan niet direct worden ingeschat aan de hand van de totale verkeersvolumes. Het maakt namelijk uit hoe het verkeer verdeeld is over de dag. Wanneer iedereen tegelijk tijdens de spits naar het werk gaat, is de congestie sterk. Wanneer de werk- en onderwijstijden echter meer verdeeld zijn over de dag, kan dezelfde infrastructuur veel meer verplaatsingen aan zonder er dat congestie optreedt.
- **Een deel van de congestiekosten zijn intern.** Dit betreft de kosten van de reistijd die je zelf ondervindt door een route te kiezen waar (naar jouw verwachting) een file staat. Echter, door in de file aan te sluiten vererger je de file voor andere weggebruikers. Dit gedeelte van de kosten is wel extern.
- **De mate van congestie is afhankelijk van de economische situatie.** De verkeersvolumes hangen samen met de economische conjunctuur. Tijdens de kredietcrisis (2008-2010) waren de voertuigverliesuren bijvoorbeeld sterk afgenomen, terwijl de voertuigkilometers slechts licht waren gedaald. Dit illustreert dat een relatief kleine schommeling in de verkeersvolumes gepaard kan gaan met een relatief groot effect op de congestievorming.
- **De waardering van congestie is afhankelijk van de economische situatie.** De kosten van congestie worden gewaardeerd aan de hand van de reistijdwaarderingen van mensen die de congestie ondervinden. Hoeveel een uur in de file staan kost verschilt echter per reismotief en per persoon (mensen met een hoger inkomen waarderen reistijdverlies bijvoorbeeld hoger dan mensen met een lager inkomen). Wanneer naar de gemiddelde reistijdwaarderingen in Nederland wordt gekeken, houdt dit o.a. in dat de kosten per voertuigverliesuur afhankelijk zijn van de economische groei.

11.2 Ontwikkelingen richting 2050

Met 2018 als uitgangspunt, begint de toekomst richting 2050 met de coronapandemie¹⁸. In het jaar 2020 waren door de lockdowns en thuiswerkadviezen de verkeersvolumes, voornamelijk in het zakelijk en woon-werkverkeer, drastisch lager dan voorheen. Dit leidde tot een vrijwel filevrij jaar. Deze effecten werken door in het jaar 2021, maar zullen naar verwachting zeker tot 2025 effect hebben op de voertuigverliesuren (KiM, 2020).

¹⁸ De coronapandemie, die begon in Nederland in het begin van het voorjaar van 2020, is tijdens het schrijven van deze studie reeds twee jaar een feit. In de context van deze studie is het echter een toekomstige ontwikkeling. Met name het herstel van de coronapandemie en mogelijke blijvende gedragsveranderingen kunnen tot verder in de toekomst effect hebben op de geraamde congestiekosten.



Deze ontwikkeling is echter met grote onzekerheid omgeven. Hierbij spelen de volgende factoren een rol:

- **Onzekerheid over vervolg coronapandemie en economisch herstel.** Er is relatief veel onzekerheid in de duur van de coronapandemie en het herstel van de economie. In een scenario waar het herstel snel is, zullen de congestiekosten significant hoger zijn dan wanneer de maatregelen om het virus te bestrijden langer of vaker van kracht zijn of het economisch herstel tegenvalt.
- **Onzekerheid over blijvende gedragsveranderingen.** Tijdens de coronapandemie heeft de Nederlandse bevolking aangeleerd om thuis te werken en zakelijke afspraken online te organiseren. De algemene verwachting is dat deze gewoontes ook nadat de thuiswerkadviezen vervallen deels in stand blijven (PBL, 2021a). Dit heeft naar verwachting een beperkt effect op de totale vervoersprestaties, maar de effecten op congestie kunnen onevenredig groot zijn.

Na 2025 zal (eventuele blijvende gedragsveranderingen uitgezonderd) de situatie weer relatief normaal zijn. Er zijn een aantal factoren die invloed hebben op de trend van de congestiekosten:

- **Transportvolumes.** Toenemende verkeersvolumes (zie Tabel 21) verhogen de congestiekosten. Ook de samenstelling van verkeer heeft invloed. Zo zorgt een groei van vrachtwagens voor relatief meer filedruk omdat ze meer ruimte op de weg innemen.
- **Verstedelijking en verdichting.** De toename van verstedelijking zorgt ervoor dat de verkeersvolumes relatief meer toenemen in stedelijke omgeving. Dit zorgt ervoor dat er lokaal meer filedruk kan ontstaan (stedelijke congestie).
- **Nieuwe infrastructuur.** Aanleg van nieuwe infrastructuur kan een (tijdelijk) verlagend effect hebben op de congestiekosten¹⁹. De aannames in deze studie gaan ervanuit dat er na 2030 geen nieuwe infrastructuur wordt aangelegd (zie Hoofdstuk 5 voor een nadere toelichting).
- **Inkomensniveaus.** Stijgende inkomens verhogen de kosten van congestie doordat uren die door congestie niet productief zijn hoger worden gewaardeerd.
- **Slimme voertuigen en infrastructuur.** in de periode na 2030 zouden nieuwe technieken zoals communicerende en zelfrijdende auto's een verlagend effect kunnen hebben op de mate van congestie. Echter, deze trend kan ook een lagere reistijdwaardering tot gevolg zou kunnen hebben, bijvoorbeeld omdat mensen tijdens het autorijden andere dingen kunnen doen zoals werken of een film kijken²⁰. Het is dus niet met zekerheid te zeggen of het effect op de congestievolumes en kosten daadwerkelijk af neemt door deze trend (Schroten et al., 2020).

¹⁹ De effecten van wegwitbreidingen op de langere termijn zijn echter minder groot, omdat de extra wegcapaciteit leidt tot meer verkeer zodat de filedruk weer toeneemt. Of er een significant langetermijneffect overblijft hangt af van de situatie en is onderwerp van wetenschappelijk debat.

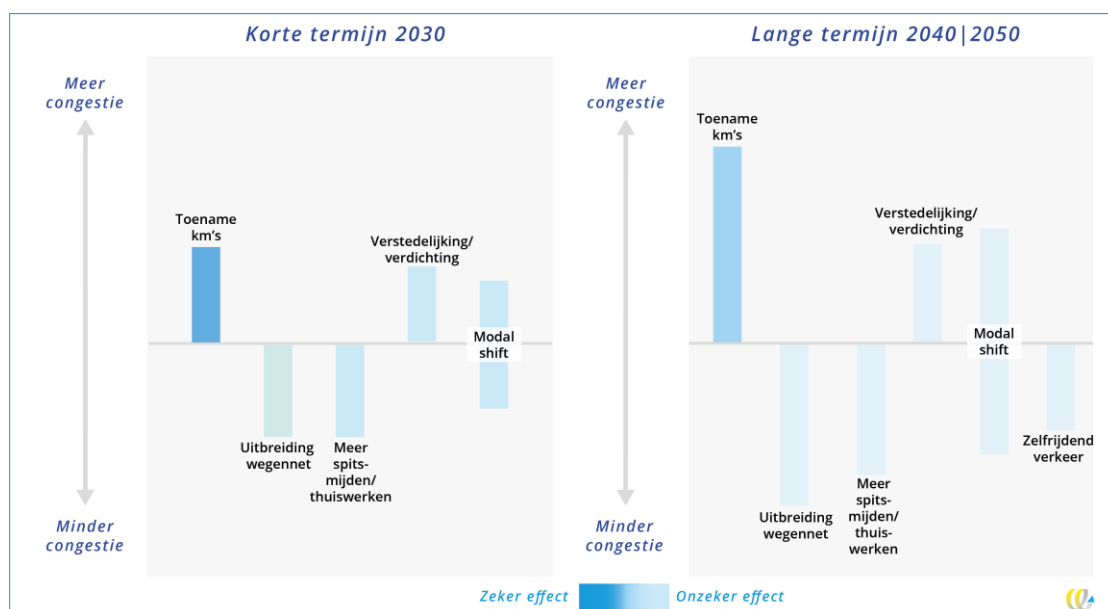
²⁰ Dit geldt echter alleen voor volledig zelfrijdende auto's, waarbij geen enkele oplettendheid van de automobilist meer is vereist. Voor minder gevorderde stadia van slimme voertuigen (zoals C-ITS) geldt dit niet.



- **Thuiswerken en spitsmijden.** Door betere digitale communicatietechnieken zal de noodzaak voor woon-werk en zakelijk verkeer tijdens de spits afnemen. Deze trend, die met de coronapandemie al een boost heeft gekregen, zou in de toekomst steeds sterker kunnen worden.
- **Modal shift.** Als er een modal shift is naar minder wegverkeer dan neemt de congestie in het wegverkeer af. Als het aandeel van het wegverkeer toeneemt, dan is er juist meer congestie.

Figuur 43 vat de verschillende ontwikkelingen samen. De onzekerheid van de individuele ontwikkelingen aangegeven in de kleur van de balk. In deze figuur kan worden gezien dat er veel tegengestelde ontwikkelingen zijn met relatief grote onzekerheden. Dit maakt de inschattingen van de toekomstige congestiekosten relatief onzeker.

Figuur 43 - Ontwikkelingen van invloed op voertuigverliesuren van het wegverkeer



Kwantitatieve inschatting omvang toekomstige congestie

De voertuigverliesuren van het hoofdwegennet worden gerapporteerd in de KEV en IMA (PBL, 2021a) (Rijkswaterstaat, 2021). Voor het onderliggend wegennet worden ook voertuigverliesuren gerapporteerd in de IMA²¹. De gehanteerde aannames zijn weergegeven in Tabel 71. Hierbij hebben wij voor 2030 aangenomen dat de voertuigverliesuren op stadswegen constant zijn ten opzichte van 2018, omdat er geen data beschikbaar was.

²¹ Deze voertuigverliesuren zijn echter voornamelijk gebaseerd op buitenwegen, waardoor het onzeker is hoe representatief deze trends zijn voor stadswegen. Aangezien het wel aannemelijk is dat er een redelijk verband is tussen de ontwikkelingen van congestie op stadswegen en de ontwikkeling van congestie op buitenwegen hebben wij aangenomen dat de ontwikkelingen op het onderliggend wegennet zoals gerapporteerd in de IMA van toepassing zijn op stadswegen.

Tabel 71 - Ontwikkeling van de voertuigverliesuren op stads- en hoofdwegen

Ontwikkeling VVU t.o.v. 2018	2030 (KEV)	2040 Laag	2040 Hoog	2050 Laag	2050 Hoog
Hoofdwegen	102%	69%	247%	81%	361%
Stadswegen	100%	89%	154%	104%	225%

Bron: IMA 2021 Achtergrondrapportage 'Ontwikkeling mobiliteit, Verdieping wegen, Verdieping stedelijke bereikbaarheid'.

11.3 Waardering richting 2050

In onze methodiek voor de waardering stellen wij voor om de volgende uitgangspunten te hanteren:

- Reistijdwaarderingen dienen gecorrigeerd te worden voor de verwachte stijging van de reële loonvoet, conform het advies van de Werkgroep Discontovoet (Ministerie van Financiën, 2020). Aangezien de reële loonvoetstijging niet beschikbaar is in de KEV en WLO, gebruiken wij in plaats hiervan de stijging van het BBP per capita (PBL & CPB, 2016).
- Voor de waardering van de overige congestiekosten (onbetrouwbaarheid reistijden, plankosten, indirecte kosten) hanteren we dezelfde kentallen als voor 2018 (zie (CE Delft, 2022)).

11.4 Resultaten

In deze Paragraaf presenteren wij de schattingen voor de toekomstige congestiekosten. De resultaten tot 2030 zijn opgenomen in Paragraaf 11.4.1. De prognosejaren 2040 en 2050, met aanzienlijk grotere onzekerheden, zijn opgenomen in Paragraaf 11.4.2. Zoals toegelicht in Paragraaf 11.1 presenteren we de kosten van congestie in totale verpagingskosten omdat deze definitie goed aansluit bij de andere kostenposten. Echter let wel, deze congestie-kosten zijn gedeeltelijk intern van aard en overschatten in zekere mate de totale externe congestiekosten.

11.4.1 Resultaten voor 2030

De totale verpagingskosten voor de verschillende voertuigcategorieën in 2030 zijn weer-gegeven in Tabel 72.

De verpagingskosten van alle modaliteiten op het hoofdwegennet bedragen in 2030 4,3 miljard euro. Het grootste deel van deze kosten worden veroorzaakt door personen-auto's, wat vooral het gevolg is van het grote aandeel dat deze vervoerswijze heeft in het totale verkeersvolume op het hoofdwegennet. Daarnaast veroorzaken vracht- en bestel-auto's ook aanzienlijke congestiekosten. De kosten van de overige voertuigcategorieën zijn beperkt. Voor bromfietsen zijn geen kosten berekend, omdat deze categorie niet op snel-wegen rijdt.

De verpagingskosten op stadswegen zijn 8,2 miljard euro in 2030. Ook voor de stadswegen geldt dat het grootste gedeelte van de verpagingskosten voor rekening van personenauto's komt. Daarnaast zijn bestel- en vrachtauto's belangrijke veroorzakers van congestie. Het aandeel van vrachtauto's is wel aanzienlijk kleiner in vergelijking met de hoofdwegen, aangezien vrachtverkeer voornamelijk over snelwegen plaatsvindt. Ook de bromfiets en ov-bussen zijn significante veroorzakers van stedelijke congestie.

Tabel 72 - Totale verpagingskosten in 2030 in mln. €

Voertuigcategorie	Hoofdwegen	Stadsweegen
Personenvervoer op Nederlands grondgebied (mln. €)		
Personenauto totaal	2.477	6.497
- <i>Personenauto benzine</i>	1.705	4.986
- <i>Personenauto diesel</i>	189	281
- <i>Personenauto elektrisch</i>	414	876
- <i>Personenauto PHEV</i>	147	314
Motorfiets	27	56
Bromfiets	-	263
Ov-bus totaal	1,3	183
- <i>Ov-bus diesel</i>	0,16	23
- <i>Ov-bus elektrisch</i>	1,1	160
Touringcar	7,0	13
Goederenvervoer op Nederlands grondgebied (mln. €)		
Bestelauto totaal	595	835
- <i>Bestelauto diesel</i>	548	773
- <i>Bestelauto elektrisch</i>	47	62
Vrachtauto totaal	1.168	354
- <i>Vrachtauto diesel</i>	1.079	321
- <i>Vrachtauto elektrisch</i>	89	33

Tabel 73 geeft de gemiddelde verpagingskosten weer voor de verschillende voertuigcategorieën. In deze tabel is voor de meeste voertuigcategorieën geen onderscheid gemaakt tussen de brandstofsoorten. Dit komt omdat de congestievorming niet afhankelijk is van de aandrijflijn van het voertuig. De tabel bevat wel een aparte inschatting voor elektrische- en dieselvrachtauto's. Dit komt omdat de samenstelling tussen de verschillende gewichtsklassen afwijkt: het aandeel van trekker-opleggers binnen de categorie vrachtauto's is bijvoorbeeld iets lager voor elektrische vrachtauto's. Omdat kleinere vrachtauto's minder ruimte op de weg innemen krijgen de (gemiddeld kleinere) elektrische auto's dus lagere gemiddelde congestiekosten toegekend.

Tabel 73 - Gemiddelde verpagingskosten op Nederlands grondgebied in 2030

Voertuigcategorie	Hoofdwegen	Stadsweegen
Personenvervoer op Nederlands grondgebied (€/1.000 rkm)		
Personenauto gemiddeld	33	192
Motorfiets	21	119
Bromfiets	n.v.t.	124
Ov-bus gemiddeld	12	72
Touringcar	2,0	11
Bestelauto op Nederlands grondgebied (€/1.000 vkm)		
Bestelauto gemiddeld	57	273
Goederenvervoer op Nederlands grondgebied (€/1.000 tkm)		
Vrachtauto gemiddeld	25	69
- <i>Diesel</i>	25	69
- <i>Elektrisch</i>	24	66

11.4.2 Doorkijk naar verdere toekomst (2040/2050 WLO)

Tabel 74 geeft de totale verpagingskosten weer in 2040 en 2050 in het WLO-Hoog-scenario, die toenemen ten opzichte van de situatie in 2030. Dit komt hoofdzakelijk omdat de verkeersvolumes toenemen. In WLO-Laag is er echter een daling van de congestiekosten ten opzichte van 2030. Dit komt omdat, door de lagere bevolkingsgroei en economische groei, er minder verkeersactiviteit is.

Tabel 74 - totale verpagingskosten in 2040 en 2050 in mln. €

Voertuigcategorie	Hoofdwegen				Stadswegen			
	2040 laag	2040 hoog	2050 laag	2050 hoog	2040 laag	2040 hoog	2050 laag	2050 hoog
Personenvervoer op Nederlands grondgebied (mln. €)								
Personenauto totaal	1.667	6.689	2.063	10.731	5.717	10.814	7.240	18.298
- <i>Personenauto fossiel</i>	1.362	3.286	1.458	2.795	4.672	5.313	5.117	4.766
- <i>Personenauto elektrisch</i>	305	3.402	605	7.936	1.045	5.501	2.123	13.532
Ov-bus totaal	1,1	3,4	1,1	5,4	184	300	224	493
- <i>Ov-bus fossiel</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
- <i>Ov-bus elektrisch</i>	1,1	3,4	1,1	5,4	184	300	224	493
Goederenvervoer op Nederlands grondgebied (mln. €)								
Bestelauto totaal	370	1.201	427	1.725	719	1.207	827	1.788
- <i>Bestelauto fossiel</i>	333	825	351	1.154	647	829	689	1.196
- <i>Bestelauto elektrisch</i>	37	376	75	571	72	378	138	592
Vrachtauto totaal	838	3.051	1.133	5.961	412	710	585	1.408
- <i>Vrachtauto fossiel</i>	822	2.490	1.110	4.374	405	581	572	1.035
- <i>Vrachtauto elektrisch</i>	15	560	24	1.587	8	129	12	374

Tabel 75 geeft de gemiddelde congestiekosten in 2040 en 2040 weer voor beide WLO-scenario's. Het valt op dat de gemiddelde congestiekosten van alle voertuigcategorieën lager zijn in WLO-Laag. Dit komt door het niet-lineaire verband tussen verkeersvolumes en congestievorming: de voertuigverliesuren groeien in WLO-Hoog harder dan de verkeersvolumes wat effectief betekent dat de gemiddelde verkeersdeelnemer meer in de file staat.

Tabel 75 - Gemiddelde verpagingskosten op Nederlands grondgebied in 2040 en 2050

Voertuigcategorie	Hoofdwegen				Stadswegen			
	2040 laag	2040 hoog	2050 laag	2050 hoog	2040 laag	2040 hoog	2050 laag	2050 hoog
Personenvervoer op Nederlands grondgebied (€/1.000 rkm)								
Personenauto	24	65	27	97	180	253	214	388
Ov-bus	10	25	10	37	67	96	80	147
Bestelauto op Nederlands grondgebied (€/1.000 vkm)								
Bestelauto	41	113	46	168	256	367	305	562
Goederenvervoer op Nederlands grondgebied (€/1.000 tkm)								
Vrachtauto gemiddeld	20	57	26	121	69	102	97	226
- <i>Vrachtauto fossiel</i>	20	58	26	138	69	104	97	259
- <i>Vrachtauto elektrisch</i>	18	52	24	91	63	93	88	167

12 Gezondheidsbaten van fietsen

12.1 Inleiding

Actieve vervoerswijzen als fietsen en lopen kunnen resulteren in gezondheidsbaten. Deze baten zijn er niet alleen voor de fietsers (en wandelaars) zelf, maar ook voor de maatschappij als geheel. Doordat mensen die regelmatig fietsen bijvoorbeeld fitter zijn, vallen de totale gezondheidskosten in Nederland lager uit dan wanneer iedereen gebruik zou maken van gemotoriseerde vervoerswijzen. In dit geval is er dus geen sprake van externe kosten, maar van externe baten van mobiliteit. In dit hoofdstuk staan we stil bij de verwachte ontwikkeling in de omvang van deze baten richting 2050.

12.2 Ontwikkelingen richting 2050

De volgende ontwikkelingen kunnen invloed hebben op de toekomstige omvang van de externe gezondheidsbaten van fietsen:

- **Toename fietskilometers.** Er wordt een toename voorzien van kilometers gereden op fietsen in het algemeen. Dit zorgt voor een toename in de totale externe gezondheidsbaten.
- **Toename elektrische fietsen.** De gezondheidsbaten van fietsen hangen af van de inspanning die geleverd moet worden. Bij lagere inspanning zijn de gezondheidsbaten ook lager. Op elektrische fietsen wordt over het algemeen minder inspanning geleverd, al worden er ook makkelijker langere afstanden afgelegd. Rijkswaterstaat en W2Economics (2015) verwachten dat de inspanning (en daarmee de gezondheidsbaten) per rit vergelijkbaar is voor een elektrische en een gewone fiets (waarbij ze ervan uit zijn gegaan dat een rit met een elektrische fiets gemiddeld genomen langer is). Per kilometer zijn de baten van een elektrische fiets dus lager. Een verschuiving van fietsgebruik naar elektrische fietsen leidt tot dus tot minder gezondheidsbaten. Zijn de elektrische fietskilometers daarentegen additioneel, dan is er sprake van extra gezondheidsbaten.
- **Gemiddelde gezondheid fietsers.** De gezondheidsbaten van fietsers zijn groter voor mensen met een slechte gezondheid. Wanneer mensen met een slechtere gezondheid op de fiets stappen dan zullen de baten toenemen. Onduidelijk is hoe de gemiddelde gezondheid van mensen zich richting de toekomst zal ontwikkelen.

Niet alle van de bovenstaande ontwikkelingen kunnen we goed meenemen in onze kwantitatieve analyses. De ontwikkeling van de gemiddelde gezondheid van fietsers is onbekend en we houden deze daarom ook constant.

12.3 Waardering richting 2050

Voor de waardering van de gezondheidsbaten zijn enkele factoren van belang:

- Het kan zijn dat fietsers beter inzicht krijgen in de baten van fietsen en dit meenemen in hun beslissing om de fiets te pakken. De totale gezondheidsbaten veranderingen daardoor niet, maar fietsers internaliseren in deze situatie wel een groter gedeelte van de baten. Dit betekent dat de externe baten afnemen. Wij hebben hier echter geen zicht op en dus nemen we aan dat het inzicht bij fietsers over de gezondheidseffecten van fietsen niet verandert in de toekomst.
- De waardering van gezondheidseffecten houden we conform het advies van de werkgroep Discontovoet (Ministerie van Financiën, 2020) constant.

De resulterende waarderingskennallen voor de externe gezondheidsbaten zijn weergegeven in Tabel 76.

Tabel 76 - Waarderingskennallen voor fietsen (€/1.000 rkm)

Gemiddelde externe gezondheidsbaten	2030	2040		2050	
		Laag	Hoog	Laag	Hoog
Reguliere fiets	126	126	126	126	126
Elektrische fiets	83	83	83	83	83

12.4 Resultaten

De meeste mensen weten dat fietsen gezondheidsbaten oplevert en hier houden ze rekening mee bij hun beslissing om op de fiets te stappen. Het is voor mensen echter lastig in te schatten hoe hoog de baten precies zijn en vaak worden de baten onderschat. Dit zorgt ervoor dat slechts een gedeelte van de gezondheidsbaten van fietsen door mensen geïnternaliseerd wordt. De overige gezondheidsbaten komen bij de maatschappij terecht en zijn dus extern. De totale externe gezondheidsbaten van fietsen zijn weergegeven in Tabel 77. Deze baten stijgen, vooral als gevolg van verwachte toename in het fietsgebruik.

Tabel 77 - Totale externe gezondheidsbaten van fietsen mln. €

Totale externe gezondheidsbaten	2030	2040		2050	
		Laag	Hoog	Laag	Hoog
Fiets	2.285	2.236	2.383	2.228	2.373

De gemiddelde externe gezondheidsbaten van fietsen zijn weergegeven in Tabel 78. Doordat het aandeel van elektrische fietsen in het totale fietsgebruik toeneemt, nemen de gemiddelde gezondheidsbaten (per kilometer) in de toekomst af.

Tabel 78 - Gemiddelde externe gezondheidsbaten van fietsen (€/1.000 rkm)

Gemiddelde externe gezondheidsbaten	2030	2040		2050	
		Laag	Hoog	Laag	Hoog
Fiets	120.8	116	114	115	113

Literatuur

- Bristow, Wardman & Chintakayala, 2015.** International meta-analysis of stated preference studies of transportation noise nuisance. *Transportation*, 42, 71-100.
- CBS & RIVM/Emissieregistratie, 2020.** *Uitstoot broeikasgassen naar sector* [Online]. [Accessed].
- CCNR, 2018.** CCNR Market Observation - Annual report 2018 Straatsburg, Centrale Commissie voor de Rijnscheepvaart (CCNR).
- CE Delft, 2017.** Handboek Milieuprijzen 2017. Delft, CE Delft.
- CE Delft, 2020.** STREAM goederenvervoer 2020. Delft, CE Delft.
- CE Delft, 2021.** Toelichting gebruik milieuprijzen in tool Schone Luchtakkoord. Delft, CE Delft.
- CE Delft, 2022.** De Prijs van een Delft, CE Delft.
- CE Delft & VU Amsterdam, 2004.** De prijs van een reis. Delft, CE Delft; Vrije universiteit van Amsterdam.
- CE Delft & VU Amsterdam, 2014.** De prijs van een reis. Delft, CE Delft; Vrije Universiteit van Amsterdam.
- CPB & PBL, 2015.** Toekomstverkenning Welvaart en Leefomgeving (WLO): Cahier Klimaat en energie. Den Haag, Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) en Centraal Planbureau (CPB).
- CPB & PBL, 2016.** WLO-klimaatsscenario's en de waardering van CO₂-uitstoot in MKBA's. Den Haag, Centraal Planbureau (CPB); Planbureau voor de Leefomgeving (PBL).
- Dat.mobility & Districon, 2021.** Achtergrond Rapportage IMA Goederenvervoer integraal. Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving (WVL).
- Defra, 2014.** Environmental noise: Valuing impacts on: sleep disturbance, annoyance, hypertension, productivity and quiet. London, Department for Environment Food & Rural Affairs (Defra).
- EC, 2021a.** *Proposal for a Council Directive restructuring the Union framework for the taxation of energy products and electricity (recast) COM(2021) 563 final* [Online]. Brussels: European Commission (EC). [Accessed November 2021].
- EC, 2021f.** Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on the deployment of alternative fuels infrastructure, and repealing Directive 2014/94/EU of the European Parliament and of the Council COM/2021/559 final. Brussels, European Commission (EC).



- EC**, 2021g. Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on the use of renewable and low-carbon fuels in maritime transport and amending Directive 2009/16/EC, COM(2021) 562 final. Brussels, European Commission (EC).
- ILT**, 2020. Veiligheid van de spoorwegen; Jaarverslag Spoorveiligheid 2019. Den Haag, Inspectie Leefomgeving en Transport (ILT).
- Intergo**, 2020. Menselijke factoren aan de basis van ongevallen in de binnenvaart. Amersfoort, Intergro.
- IPCC**, 2007. Climate Change 2007: Working Group I: The Physical Science Basis : 2.10.2 Direct Global Warming Potentials. In: Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, K. B., Averyt, M., Tignor, M. & Miller, H. L. (eds.) *Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007*. Cambridge (UK); New York (USA): Cambridge University Press.
- KiM**, 2019. Mobiliteitsbeeld 2019. Den Haag, Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM).
- KiM**, 2020. Kerncijfers Mobiliteit 2020. Kennisinstituut Mobiliteitsbeleid (KiM).
- Lindberg**, 1999. Calculating transport infrastructure costs. Final report of the expert advisors to the high level group on infrastructure charging. Berlin/Zürich, High Level Group, working group 1 (HLG).
- Ministerie van Financiën**, 2015. Rapport Werkgroep Discontovoet 2015. Den Haag, Ministerie van Financiën.
- Ministerie van Financiën**, 2020. Rapport Werkgroep discontovoet 2020. Den Haag, Ministerie van Financiën.
- Ministerie van I&M**, 2018a. Actieplan drukbereden spoorwegen 2018-2023. Den Haag, Ministerie van Infrastructuur en Milieu (I&M).
- Ministerie van I&M**, 2018b. Actieplan Rijkswegen 2018-2023. Den Haag, Ministerie van Infrastructuur en Milieu (I&M).
- Ministerie van I&W**, 2020a. Verantwoord vliegen naar 2050: Ontwerp Luchtvaartnota 2020-2050. Den Haag, Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (I&W).
- Ministerie van I&W**, 2020b. Verantwoord vliegen naar 2050; Luchtvaartnota 2020-2050. Den Haag, Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (I&W).
- Ministerie van I&W**, 2021. Brief van de Minister van Infrastructuur en Waterstaat aan de Tweede Kamer d.d. 29 oktober 2021 m.b.t. Financiële situatie instandhouding en ontwikkeling Rijksinfrastructuur. Den Haag, Tweede Kamer der Staten Generaal
- OVV**, 2020. Rapportage ongevallen scheepvaart. Onderzoeksraad voor Veiligheid (OVV).



- PBL, 2021a.** Klimaat- en energieverkenning (KEV) 2021. Den Haag, Planbureau voor de Leefomgeving (PBL).
- PBL, 2021b.** Klimaat- en Energieverkenning (KEV) 2021. Den Haag, Planbureau voor de Leefomgeving (PBL).
- PBL & CBS, 2019.** Regionale bevolkings- en huishoudensprognose 2019. Den Haag.
- PBL & CPB, 2020.** Ontwikkeling mobiliteit. PBL/CPB-notitie ten behoeve van de werkgroep Toekomstbestendige mobiliteit van de Brede maatschappelijke heroverwegingen 2020. Den Haag, Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) en Centraal Planbureau (CPB).
- PBL, TNO & KiM, 2021.** Beleidsoverzicht en factsheets beleidsinstrumenten. Achtergronddocument bij de Klimaat- en Energieverkenning 2021. Den Haag, Planbureau voor de Leefomgeving (PBL).
- ProRail, 2021.** *Kosten spoorgebruik* [Online]. [Accessed december 2021].
- Rijkswaterstaat, 2021.** Integrale mobiliteitsanalyse 2021 : Mobiliteitsontwikkeling en -opgaven in kaart gebracht. Den Haag, Ministerie van Infrastructuur en Rijkswaterstaat.
- RWS & W2Economics, 2015.** Verkenning gezondheid en tweewielerbeleid. Rijkswaterstaat (RWS).
- Schroten, Van Grinsven, Tol, Leestemaker, Schackmann, Vonk-Noordegraaf, Van Meijeren & Kalisvaart, 2020.** Research for TRAN Committee - The impact of emerging technologies on the transport system. Brussels, European Parliament, Policy Department for Structural and Cohesion Policies.
- SWOV, 2018.** geschat aantal verkeersdoden en ernstig verkeersgewonden zónder Strategisch Plan Verkeersveiligheid 2030. Den Haag, Stichting voor Wetenschappelijk Onderzoek Verkeer (SWOV).
- SWOV, 2019.** Naar een snelheidslimiet van 30 km/uur binnen de bebouwde kom? Den Haag, Instituut Wetenschappelijk Onderzoek Verkeer (SWOV).
- SWOV, 2020.** Verkeersdoden in Nederland: SWOV-factsheet. Den Haag, Instituut voor Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid (SWOV).
- SWOV, 2021.** Verkeersveiligheidsprognose voor de Integrale Mobiliteitsanalyse 2021 - Toekomstverkenning van de belangrijkste ontwikkelingen. Den Haag, Instituut Wetenschappelijk Onderzoek Verkeer (SWOV).
- Uitbeijerse, 2020.** CO₂-emissie van de luchtvaart op de lange termijn. Den Haag, Planbureau voor de Leefomgeving (PBL).



A Verkeersgegevens

A.1 Verkeersprestaties

Tabel 79 - Vervoersprestatie mln. vkm

Vervoerswijze	2018	2030	2040		2050	
			Laag	Hoog	Laag	Hoog
Personenvervoer op Nederlands grondgebied						
Personenauto totaal	110.356	117.592	110.734	152.336	119.889	166.606
- <i>Personenauto fossiel</i>	109.758	99.427	90.810	76.072	85.288	45.345
- <i>Personenauto elektrisch</i>	598	18.165	19.923	76.263	34.601	121.262
Ov-Bus totaal	500	494	534	608	544	652
- <i>Ov-Bus fossiel</i>	480	62	-	-	-	-
- <i>Ov-bus elektrisch</i>	20	432	534	608	544	652
Fiets	18.400	18.929	20.064	20.822	19.307	21.011
Personentrein totaal	153	181	218	258	231	287
- <i>Personentrein fossiel</i>	15	14	17	20	18	23
- <i>Personentrein elektrisch (incl. HSL)</i>	138	167	201	238	212	264
Goederenvervoer op Nederlands grondgebied						
Bestelauto totaal	18.217	19.843	17.468	20.450	17.697	19.785
- <i>Bestelauto fossiel</i>	18.202	18.315	15.719	14.052	14.660	13.232
- <i>Bestelauto elektrisch</i>	15	1.529	1.749	6.399	3.037	6.552
Vrachtauto totaal	7.460	8.111	8.419	10.747	8.695	11.972
- <i>Vrachtauto fossiel</i>	7.460	7.483	8.259	8.760	8.479	8.007
- <i>Vrachtauto elektrisch</i>	-	629	160	1.987	216	3.965
Goederentrein totaal	9	12	12	15	13	16
- <i>Goederentrein fossiel</i>	3	1	1	2	1	2
- <i>Goederentrein elektrisch</i>	7	10	11	13	11	15
Binnenvaart	-	-	-	-	-	-
Internationale vervoerswijzen van en naar Nederland						
Zeevaart	45	54	51	61	54	70
Luchtvaart personenvervoer	472	594	759	847	884	952
Luchtvaart goederenvervoer	99	125	169	134	194	138

Bronnen: CE Delft, (2022), Integrale Mobiliteits Analyse (Rijkswaterstaat, 2021) studies en PBL, (2021b).

Tabel 80 - Vervoersprestatie mln. rkm/tkm

Vervoerswijze	2018	2030	2040		2050	
			Laag	Hoog	Laag	Hoog
Personenvervoer op Nederlands grondgebied (mln. rkm)						
Personenauto totaal	144.700	167.387	157.343	220.950	170.734	241.037
- <i>Personenauto fossiel</i>	143.916	141.529	129.034	110.337	121.458	65.602
- <i>Personenauto elektrisch</i>	784	25.858	28.309	110.614	49.276	175.435
Ov-Bus totaal	3.811	3.770	4.072	4.637	4.147	4.976
- <i>Ov-Bus fossiel</i>	3.661	475	-	-	-	-
- <i>Ov-bus elektrisch</i>	150	3.295	4.072	4.637	4.147	4.976
Fiets	18.400	18.929	20.064	20.822	19.307	21.011
Personentrein totaal	19.600	23.300	27.960	33.086	29.591	36.814
- <i>Personentrein fossiel</i>	662	636	763	903	807	1.004
- <i>Personentrein elektrisch (incl. HSL)</i>	18.938	22.664	27.197	32.183	28.784	35.810
Goederenvervoer op Nederlands grondgebied (mln. tkm)						
Bestelauto totaal	18.217	19.843	17.468	20.450	17.697	19.785
- <i>Bestelauto fossiel</i>	18.202	18.315	15.719	14.052	14.660	13.232
- <i>Bestelauto elektrisch</i>	15	1.529	1.749	6.399	3.037	6.552
Vrachtauto totaal	60.700	66.183	61.080	75.857	62.515	84.015
- <i>Vrachtauto fossiel</i>	60.700	60.894	59.851	60.784	61.084	59.400
- <i>Vrachtauto elektrisch</i>	-	5.289	1.229	15.073	1.430	24.615
Goederentrein totaal	7.026	8.877	9.180	10.969	9.544	12.377
- <i>Goederentrein fossiel</i>	1.926	900	931	1.112	968	1.255
- <i>Goederentrein elektrisch</i>	5.100	7.977	8.250	9.857	8.577	11.122
Binnenvaart	47.200	54.799	49.803	55.886	51.476	61.213
Internationale vervoerswijzen van en naar Nederland						
Zeevaart	2.025.347	2.419.235	2.291.926	2.734.056	2.431.717	3.140.426
Luchtvaart personenvervoer	108.995	137.105	175.021	195.458	203.842	219.562
Luchtvaart goederenvervoer	6.989	8.792	11.918	9.419	13.654	9.720

Bronnen: CE Delft, (2022), Integrale Mobiliteits Analyse (Rijkswaterstaat, 2021) studies en PBL, (2021b).