

Investeren in de infrastructuur

Het auteursrecht voor de inhoud berust geheel bij de Stichting Economisch Instituut voor de Bouw. Overnemen van de inhoud (of delen daarvan) is uitsluitend toegestaan met schriftelijke toestemming van het EIB. Het is geoorloofd gegevens uit dit rapport te gebruiken in artikelen en dergelijke, mits daarbij de bron duidelijk en nauwkeurig wordt vermeld.

December 2016

Investeren in de infrastructuur

Trends en beleidsuitdagingen

Paul Groot
Rafael Saitua
Nylas Visser

Inhoudsopgave

Conclusies op hoofdlijnen	7
1 Inleiding	15
1.1 Achtergrond	15
1.2 Leeswijzer	16
2 Analytisch kader	17
2.1 Determinanten	17
2.2 Scenario's economische groei en investeringen infrastructuur	18
2.3 Feitelijk verloop van mobiliteit en verliesuren	21
3 Trends op deelmarkten tot 2030	23
3.1 Inleiding	23
3.2 Positionering van de infrastructuurmarkt	23
3.3 Rijkswegen	29
3.4 Spoorwegen	35
3.5 Gemeentelijke wegen en riolering	37
3.6 Water	42
3.7 Ondergrondse infrastructuur	44
3.8 Confrontatie van opgaven en middelen	46
4 Nieuwe ontwikkelingen	51
4.1 Inleiding	51
4.2 Zelfrijdende voertuigen	51
4.3 Elektrische auto's	63
4.4 Smart grids	67
Bijlage Literatuurlijst	69
EIB-publicaties	71

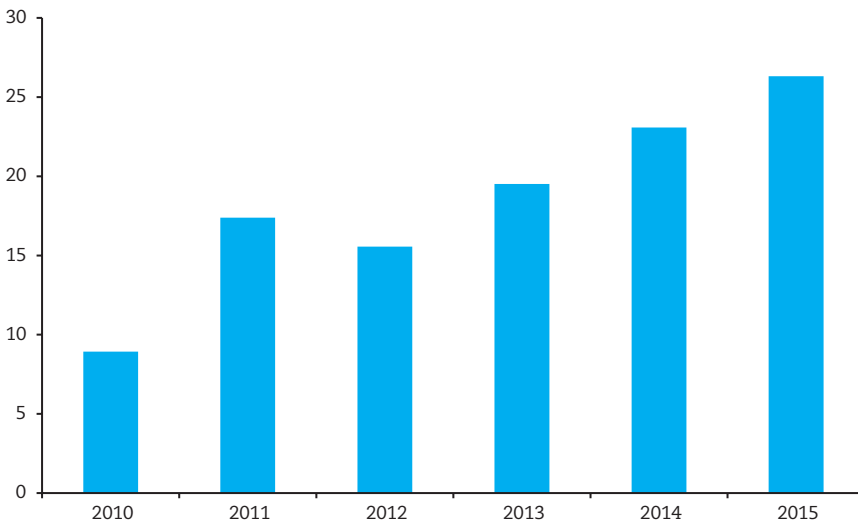
Conclusies op hoofdlijnen

In de komende decennia staat Nederland voor grote uitdagingen op het gebied van de infrastructuur. Toenemende welvaart, groeiende mobiliteit, klimaatverandering en veroudering van de bestaande voorraad leveren omvangrijke investerings- en onderhoudsopgaven op. In deze studie worden de opgaven in beeld gebracht, zowel voor de komende jaren als voor de periode tot 2030. Ook is een aantal majeure trends, die op de lange termijn gevolgen kunnen hebben voor de vraag naar infrastructuur, in beeld gebracht. Het onderzoek bouwt voort op de scenario-studie 'Investeren in Nederland' en is uitgevoerd in opdracht van Bouwend Nederland.

Tot 2030 toenemende infrastructuuropgaven door toenemende mobiliteit en welvaart

- In de afgelopen jaren zijn door de economische crisis de uitgaven aan de infrastructuur sterk teruggelopen. Zo trad een sterke daling op bij de nieuwbouw van infrastructuur, waarbij nieuwe projecten werden versoberd of uitgesteld (figuur 1). Ook kwam het onderhoud aan de infrastructuur door bezuinigingen bij de overheid (met name Rijk en gemeenten) op een lager peil terecht en werden de onderhoudsambities voor de infrastructuur

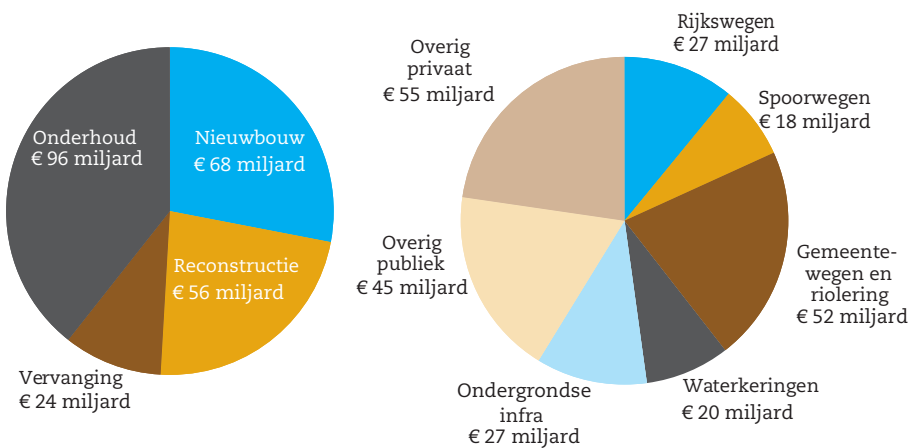
Figuur 1 Aandeel vertraagde rijkswegenprojecten, 2010-2015 (% van totaal aantal rijkswegenprojecten)



Bron: Begroting Infrastructuurfonds, analyse EIB

- verlaagd. Tussen 2010 en 2013 is hierdoor de markt met 10 à 15% gekrompen.
- Door het economisch herstel, de toenemende mobiliteit en hogere eisen van gebruikers neemt de druk op de infrastructuur inmiddels sterk toe. Het aantal voertuigkilometers in het personenvervoer groeit zo sterk dat deze nu al boven het hoge groeiscenario van de planbureaus uit komt.
 - In de komende jaren nemen de investeringen in rijkswegen weer toe. De wegbuitbreidingen die nu in uitvoering zijn, zullen echter pas na 2020 extra capaciteit opleveren. Het Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM) verwacht voor de komende jaren dan ook een sterke stijging van de congestie. Ook bij het spoor is sprake van een stevige groei en ook hier nemen de knelpunten in de komende jaren naar verwachting toe.
 - De congestie zal volgens het hoge scenario van de planbureaus bovendien ook in de periode tot 2030, bij het huidige voorziene investeringsniveau, blijven toenemen.
 - Om de infrastructuurbehoefte voor de komende decennia in beeld te brengen, is aangesloten bij demografische en economische verkenningen voor de lange termijn. Ook zijn specifieke ontwikkelingen zoals die rond woningbouw en waterveiligheid in de analyse betrokken.
 - De investeringen in infrastructuur die passen bij bovenstaande trends en ontwikkelingen worden voor de periode 2015-2030 geraamd op € 245 miljard. Het gaat hierbij om de productie die door de gww-sector wordt geleverd. Hier bovenop komen nog kosten van grondaankopen, van eigen personeel van infrastructuurbeheerders en van uitbesteding aan niet-gww-bedrijven.
 - Van de totale opgave heeft de helft betrekking op nieuwbouw en reconstructie (figuur 2). Daarnaast bestaat de opgave uit vervanging en onderhoud van de bestaande infrastructuur. Naast meer infrastructuur gaat het ook om betere en slimmere infrastructuur door toenemende maatschappelijke en

Figuur 2 Infrastructuuropgaven, 2015-2030



Bron: EIB

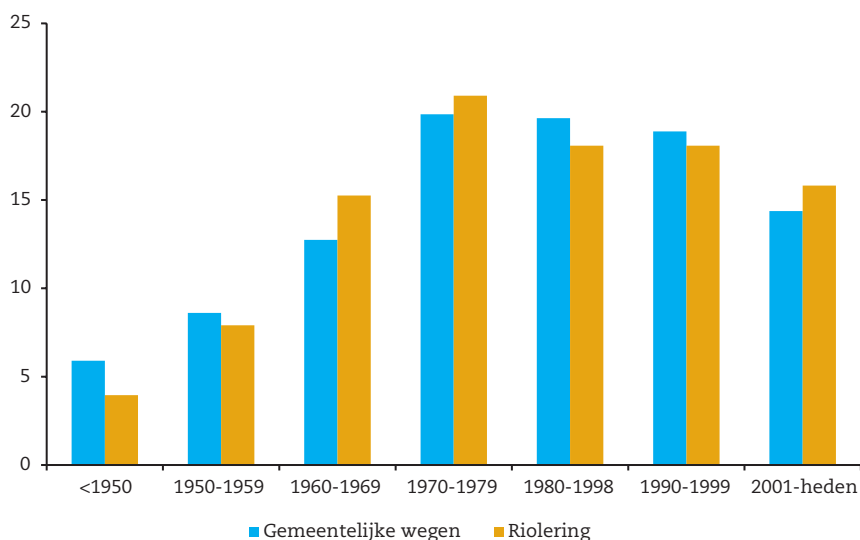
individuele eisen, onder meer wat betreft comfort, veiligheid en duurzaamheid.

- Voor de nationale weg- en spoorinfrastructuur bedraagt de opgave tot 2030 in totaal € 45 miljard. Gemeentelijke wegen en rioleringen vragen ruim € 50 miljard. Voor waterkeringen en ondergrondse infrastructuur bedragen de opgaven € 20 miljard respectievelijk ruim € 25 miljard in de periode tot 2030.

Infrastructuuropgaven worden complexer door verschuiving naar reconstructie en vervanging

- De opgaven voor infrastructuur veranderen in de komende decennia in een aantal opzichten van karakter in vergelijking met de afgelopen periode. Door veranderingen in de omvang van de beroepsbevolking zal het woon-werkverkeer minder snel groeien waardoor het aandeel van nieuwbouw geleidelijk zal afnemen. Reconstructie van de bestaande infrastructuur wordt daarentegen belangrijker, evenals vervanging van verouderde infrastructuur uit de jaren zestig en zeventig van de vorige eeuw. Dit betreft delen van de infrastructuur van het Rijk en daarnaast ook het gemeentelijke weg- en rioleringsnetwerk (figuur 3).
- De toename van reconstructie en vervanging van de bestaande infrastructuur zorgt ervoor dat de opgaven complexer zullen worden. Aanpassing is kostbaar vanwege de hogere kosten van inpassing en de grotere maatschappelijke hinder.

Figuur 3 Bouwjaarklassen gemeentelijke wegen en riolering (% van voorraad 2010)



Bron: CBS, Rioned. Analyse EIB

- De infrastructurele opgaven zullen gaandeweg steeds meer met andere opgaven worden gecombineerd, bijvoorbeeld om doelstellingen op het gebied van duurzaamheid, circulariteit en veiligheid te bereiken. Hierbij valt te denken aan energieopwekking uit asfalt en plaatsing van zonnepanelen op geluidschermen. Dit vereist extra investeringen in de infrastructuur maar hier zijn ook grote maatschappelijke baten mee verbonden.

Uiteenlopende sectorale beelden

- De markt voor infrastructuur kent een aantal deelmarkten, zoals rijkswegen, spoorwegen en waterinfrastructuur. Op deze deelmarkten zijn verschillende infrastructuurbeheerders actief en ook aan de marktkant hebben bedrijven een uiteenlopend profiel. De trends en uitdagingen zijn in dit onderzoek naar een aantal deelmarkten verbijzonderd.
- De rijkswegen hebben in de meeste regio's nog met toenemende pendelstromen te maken. De grotere druk op het bestaande wegennet leidt ertoe dat de wegcapaciteit nog zal moeten worden uitgebreid, vooral in de Randstad en elders rond sterke steden. Het aandeel van de Randstad in de uitbreiding van de weginfrastructuur neemt hierdoor in de periode 2010-2030 toe van ruim 50% naar ruim 70%.
- Bij de spoorwegen ligt de focus op de Randstad en op de verbindingen naar het achterland. Hiervoor is nieuwe infrastructuur nodig in de vorm van extra sporen, bypasses en beveiligingssystemen. Nog meer dan bij de wegen gaat het om aanpassingen van de bestaande infrastructuur die, vanwege de beperkte tijdvensters voor het uitvoeren van werkzaamheden, grote gevolgen kunnen hebben voor de reizigershinder.
- Bij de gemeenten liggen er grote opgaven vanwege de toenemende mobiliteit in de drukke gebieden. Vooral de toegang tot de steden en de parkeerproblematiek komen hoog op de agenda. Toenemende maatschappelijke wensen, bijvoorbeeld op het gebied van bereikbaarheid en veiligheid, leiden in de toekomst ook tot een grotere behoefte aan financiële middelen voor de gemeentelijke infrasrtuctuur.
- Op het gebied van waterveiligheid vragen zowel versterking van de waterkeringen als het onderhoud aan keringen en dijken toenemende aandacht. De wateropgaven zullen steeds meer een integrale aanpak vergen, waarbij op regionale schaal tussen beheerders wordt samengewerkt en waterveiligheid wordt gekoppeld met beleidsdoelen van bijvoorbeeld natuur, milieu en toerisme. Het terugdringen van de effecten van wateroverlast vraagt om intensieve samenwerking tussen waterschappen en gemeenten.
- De opgaven bij de ondergrondse infrastructuur staan voor een belangrijk deel in het teken van de energietransitie die door het klimaatakkoord van Parijs nog aan urgentie heeft gewonnen. Dit vraagt om een slimme investeringsstrategie voor uitbreiding en vervanging van infrastructuur. De complexiteit hiervan neemt toe vanwege de concentratie van deze opgaven in de binnensteden.

Spanning tussen opgaven en financiële middelen

- Deze opgaven die in de periode tot 2030 op ons afkomen, kunnen we confronteren met de budgetten uit de meest recente begroting van het Infrastructuurfonds. Hierbij kijken we met name naar de opgaven voor rijkswegen en spoorwegen, die uit het Infrastructuurfonds worden bekostigd.

De infrastructuurbudgetten omvatten alle realisatie- en bijkomende kosten van projecten. Naast de productie van de gww-sector zijn dit bijvoorbeeld de kosten van grondaankopen, eigen personeel van infrastructuurbeheerders en uitbesteding aan niet-gww-bedrijven. De infrastructuuropgaven zoals berekend in deze studie en toegelicht in hoofdstuk 3 hebben alleen betrekking op de productie van de gww-sector. De opgaven zijn hierbij opgehoogd voor een juiste vergelijking met de budgetten van het Infrastructuurfonds.

- Uit deze vergelijking komt naar voren dat de opgaven op gespannen voet staan met de financiële middelen. Voor de periode 2015-2030 liggen de totale opgaven voor de rijkswegen ruim € 3 miljard boven het budget voor rijkswegen in het Infrastructuurfonds. Bij het spoor is het verschil ruim € 5 miljard (tabel 1, laatste kolom). Het verschil is onder meer het gevolg van de bezuinigingen van de afgelopen jaren, waarbij de meerjarenbudgetten van het Rijk voor weg- en spoorinfrastructuur zijn verlaagd.
- Bij waterveiligheid zijn er grote uitdagingen om de opgaven sneller en efficiënter te kunnen uitvoeren. De middelen voor de waterveiligheid lijken nog niet voldoende aan te sluiten bij de hoge ambities die hier bestaan.
- Om aan de infrastructuurbehoefte te voldoen is in dit onderzoek uitgegaan van trendmatig beleid. De spanning tussen opgaven en middelen kan worden verlicht door het tijdig reserveren van voldoende middelen. De optimale hoeveelheid infrastructuur kan echter ook worden beïnvloed door het slim inzetten van andere instrumenten, zoals benutting, beprijzing en ruimtelijk beleid. Prijsbeleid leidt ertoe dat de optimale hoeveelheid infrastructuur op termijn kan dalen en de congestie kan afnemen. Veel hangt hierbij wel af van de vormgeving van het prijsbeleid. Tot op heden is de maatschappelijke haalbaarheid van het intensief beprijzen van het wegverkeer echter gering gebleken. Daarnaast wordt soms veel verwacht van ruimtelijk beleid. In de afgelopen decennia is echter gebleken dat de mogelijkheden om de mobiliteitsstromen hiermee te sturen beperkt zijn.

Tabel 1 Opgaven en budgetten Infrastructuurfonds rijkswegen en spoorwegen, 2015-2030 (miljoen euro)

	2015	2020	2025	2030	Gemiddeld per jaar	Cumulatief 2015-2030
Rijkswegen						
Investeringsopgave	2.253	2.968	3.179	3.216	3.002	
Beschikbaar	2.253	3.148	2.652	2.620	2.787	
Saldo	0	180	-527	-596	-215	- 3.225
Spoorwegen						
Investeringsopgave	2.260	2.104	2.397	2.379	2.276	
Beschikbaar	2.278	1.786	1.957	1.688	1.908	
Saldo	18	-318	-440	-691	-368	-5.520

Bron: Begroting Infrastructuurfonds/MIRT, analyse EIB

- Bij andere opdrachtgevers zoals bijvoorbeeld gemeenten bestaan er eveneens spanningen tussen opgaven en budgetten. Zo zullen bij het rioleringsnetwerk de rioolheffingen de komende jaren sterk moeten stijgen om het netwerk up-to-date te houden. Het gemeentelijk wegennet is de laatste jaren onderhevig geweest aan verlaging van ambities en bezuinigingen. De toekomstige kwaliteitswensen zijn ook hier nog niet volledig in de budgetten gedekt.
- Bij de berekeningen is uitgegaan van een economische groei van gemiddeld circa 2% per jaar tot 2030. Deze groei kan gezien de aard van de toekomstige opgaven als gematigd hoog worden gekenschetst. In de komende jaren zal echter ook de complexiteit van de opgaven toenemen, vooral door het toenemende gewicht van reconstructie- en vervangingsopgaven in de Randstad. Voor de te voeren investeringsstrategie is daarom van belang om de vervoersvraag en de infrastructuurbehoefte niet te laag in te schatten. Bij een te laag ingeschatte behoefte zijn de kosten van latere opschaling groot, evenals de benodigde tijd voor aanpassing.

De ontwikkeling van zelfsturende voertuigen leidt tot nieuwe maatschappelijke uitdagingen

- Zelfsturende voertuigen zijn in opkomst onder invloed van snelle technologische ontwikkelingen. Dit is geen digitaal proces, maar betreft de geleidelijke toepassing van steeds meer technieken die zelfsturen ondersteunen (tabel 2). Deze technieken zullen in de komende decennia waarschijnlijk goedkoper worden en breder over het autopark worden toegepast. De verdere diffusie hangt, naast het oplossen van juridische belemmeringen rond aansprakelijkheid, vooral af van de maatschappelijke acceptatie.
- Het toelaten van zelfsturende auto's zal in de komende periode gefaseerd plaatsvinden, het eerst op de snelwegen en later mogelijk op het onderliggend wegennet. Door de complexiteit van binnenstedelijk verkeer - met een diversiteit aan verkeersdeelnemers en een groot aantal obstakels - is toepassing van zelfsturende of compleet zelfrijdende auto's (robotauto's) een zaak van de zeer lange termijn.
- Grootschalige toepassing van zelfsturende auto's biedt op termijn grote maatschappelijke baten. Denk hierbij aan een betere benutting van de bestaande infrastructuur, verhoging van de productiviteit en vermindering van de congestie. Er zijn echter ook factoren die weer nieuw verkeer genereren, zoals verkeer dat voorheen de rijkswegen en de files in de spits meed. De baten van congestievermindering en toename van de mobiliteit op het hoofdwegennet kunnen per saldo oplopen tot € 200 miljoen in 2030 en € 1 miljard in 2040, uitgaande van een penetratiegraad van 90% zelfsturende auto's in het personenverkeer in 2040.
- Veiligheid wordt steeds belangrijker in de maatschappij en zelfsturende technieken kunnen hieraan onder voorwaarden een belangrijke bijdrage leveren. Wanneer bijvoorbeeld het aantal ongevallen op hoofdwegen zou kunnen worden gehalveerd, levert dit een additionele welvaartswinst op van minimaal € 300 miljoen per jaar. Hierbij is cruciaal in hoeverre autogebruikers de zelfsturende technieken als veilig ervaren.
- Volledig zelfstandig rijdende robotauto's werken drempelverlagend voor oudere verkeersdeelnemers waardoor hun mobiliteit kan toenemen. Daarnaast kunnen op termijn grote veranderingen optreden in de modal split waarbij de grens tussen individueel en collectief vervoer zal vervagen. Dit

Tabel 2 Kenmerken van zelfsturende en zelfrijdende auto's

(Coöperatieve) zelfsturende auto	Zelfrijdende robotauto
<ul style="list-style-type: none">• Bestaande auto's en systemen met nieuwe functionaliteit• Kan een bepaalde weg volgen, vaak met verandering van rijstrook• Er blijft een bestuurder nodig• Minder geschikt op kleinere wegen• Technieken ook geschikt en beschikbaar voor vrachtwagens (platooning)	<ul style="list-style-type: none">• In beginnende testfase• Kan volledig autonoom een reis voltooien• Inzittende is altijd passagier• Beperkt aantal ontwikkelaars• Voorlopig alleen personenauto's of op afgesloten terrein

Bron: Rathenau Instituut, EIB

kan ook effecten hebben op de verschillende typen infrastructuur waarbij de behoefte aan OV-infrastructuur op termijn zou dalen. Hier tegenover staat een toename van de behoefte aan wegen, die door de congestietoename al veel eerder manifest wordt.

- In het vrachtverkeer maken zelfsturende technieken (platooning) een sterke verbetering van de efficiency mogelijk en leiden deze tot verlaging van het energieverbruik. Voor een optimale inzet van platooning kan worden gedacht aan speciale rijstroken langs het hoofdwegennet. Hiervoor zijn dan extra investeringen nodig.

Grootschalige toepassing van elektrische voertuigen vergt omvangrijke investeringen

- Het marktaandeel van elektrische voertuigen is nu nog laag, maar groeit wel snel. Uit duurzaamheidsperspectief krijgt elektrificering van het autopark veel aandacht. In de periode tot 2030 is een ontwikkeling naar 'all electric' bij de aanschaf van nieuwe auto's dan ook een realistische mogelijkheid. Een volledig geëlektrificeerd autopark levert een substantiële afname van de CO₂-uitstoot op.
- Momenteel is de actieradius van elektrische auto's nog relatief beperkt door belemmeringen in de laadtechniek en de laadcapaciteit. Voor grootschalige toepassing van elektrische voertuigen worden diverse technieken ontwikkeld. Allereerst gaat het hier om uitbreiding van het aantal laadpalen bij woningen en bedrijven en langs snelwegen. Daarnaast gaat het ook om infrastructurele oplossingen, bijvoorbeeld opladen via lussen in het wegdek of via een bovenleiding zoals bij trams en trolleybussen. De kosten van laatstgenoemde opties worden zeer indicatief geschat op € 1 miljoen per kilometer (exclusief bijkomende kosten).
- Alleen al voor het hoofdwegennet (circa 5.000 kilometer met twee of meer rijstroken) zou dit een miljardenopgave betekenen.

- De lagere variabele kosten van de elektrische auto leiden tot een toename van de mobiliteit die gevolgen kan hebben voor de benodigde investeringen in infrastructuur.

De weg naar slimme infrastructuur

- Het aanbod van infrastructuur zal op een flexibele manier moeten worden ingevuld waarbij een mix van maatregelen kan worden ingezet. Op de korte termijn zijn kleinschalige maatregelen op regionale schaal mogelijk om de congestie te beperken. Hiermee kan ook worden ingespeeld op de veranderingen in de aard van de congestie: de grootste files worden minder groot, de congestie treedt meer gespreid over het wegennet op en de knelpunten in de toegang tot de steden worden groter.
- Daarnaast kan worden bezien of projecten en budgetten naar voren kunnen worden gehaald. Hierbij moet wel worden bedacht dat grotere infrastructuurprojecten een lange voorbereidingstijd kennen en veelal al krap worden gepland.
- De aanleg van infrastructuur wordt in de komende tijd kostbaarder, niet alleen door de toenemende complexiteit, maar ook door de bredere functionaliteit van de infrastructuur. In de komende jaren betekent dit bijvoorbeeld dat bestaande installatiesystemen voor verkeersmanagement moeten worden aangepast ten behoeve van grootschalige communicatie met voertuigen. Tegenover de grote uitgaven aan infrastructuur staan dan ook extra maatschappelijke baten.
- Een toekomstgerichte investeringsstrategie is nodig waarin deze opgaven worden afgezet tegen de maatschappelijke baten op het gebied van energievoorziening en CO₂-reductie. Deze opgaven moeten bovendien worden afgestemd met bestaande programma's voor reconstructie en vervanging.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

In 2015 heeft het EIB de scenariostudie ‘Investeren in Nederland’¹ uitgebracht. Hierin zijn in drie scenario’s de ontwikkelingen in de gebouwde omgeving op landelijk niveau in beeld gebracht voor de periode tot 2040. In deze lange termijnstudie is ook ingegaan op trends op de markt voor infrastructuur. Demografische en economische ontwikkelingen hebben invloed op de vraag naar infrastructuur, zowel in kwantitatieve als kwalitatieve zin. Uit de landelijke studie kwam al naar voren dat de infrastructuuropgaven in de komende decennia groot zijn.

In vervolg op deze scenariostudie heeft het EIB in opdracht van Bouwend Nederland een nadere verkenning uitgevoerd van de trends en uitdagingen op de markt voor infrastructuur. Hierbij kijken we met name naar de verschillende deelmarkten omdat deze elk hun afzonderlijke problematiek en uitdagingen kennen. Ook is sprake van verschillende typen opdrachtgevers en infrabedrijven. De infrastructuurmarkt (gww-markt) heeft een aandeel van circa 25% op de totale bouwmarkt.

Belangrijke thema’s op het gebied van de infrastructuur zijn:

- Mobiliteit: er bestaat zorg over de hiervoor vastgelegde budgetten op de middellange en lange termijn, ook in het licht van de huidige sterke toename van de mobiliteit. Het economisch belang van infrastructurele investeringen heeft onder meer te maken met het faciliteren van de mobiliteit.
- Kwaliteit: er is zorg over de huidige en toekomstige kwaliteit van de infrastructuur (bijvoorbeeld bij wegen, riolering, kunstwerken). Recente bezuinigingen bij Rijk en decentrale overheden hebben geleid tot verlaging van ambities waardoor in de toekomst mogelijk juist meer middelen nodig zijn voor het op peil brengen van de kwaliteit. Daarnaast bestaan er omvangrijke vervangingsopgaven.
- Innovatie: innovaties op het gebied van techniek, proces en organisatie kunnen bijdragen aan een efficiëntere realisatie van de beleidsdoelen, maar worden volgens de marktpartijen nog onvoldoende door de opdrachtgevers benut.
- Maatschappelijke aspecten: de infrastructuur kent een belangrijke maatschappelijke dimensie vanwege de grote economische belangen. Daarnaast hebben maatschappelijke eisen grote invloed op de kosten van infrastructuur in de toekomst. Een ander aspect is dat werkzaamheden aan de infrastructuur ook maatschappelijke kosten veroorzaken (hinder, overlast).

Deze thema’s vormen de leidraad voor de verkenning van de vraag naar infrastructuur in de komende decennia.

1 EIB (2015). Investeren in Nederland; scenariostudie. Amsterdam.

1.2 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 bespreken we eerst het analytisch kader voor dit onderzoek. We geven beknopt aan hoe we de opgaven op de verschillende deelmarkten in beeld hebben gebracht. Daarnaast gaan we in op de achtergronden van de gekozen scenario's en nieuwe inzichten voor het gebruik hiervan. Ook nemen we de feitelijke ontwikkeling van de mobiliteit en de meest recente prognoses hiervan mee in de analyse.

In hoofdstuk 3 analyseren we allereerst de trends op de gehele infrastructuurmarkt waarbij we onderscheid maken naar typen opdrachtgevers en onder meer de aard van de werkzaamheden (nieuwbouw, onderhoud e.d.). Tevens gaan we daarbij in op de verschillende deelperioden met aandacht voor recente ontwikkelingen vanuit de crisis en de gevolgen daarvan voor investeringen en onderhoud in de komende jaren. Na het algemene beeld op de infrastructuurmarkt zoomen we in op trends en uitdagingen op de belangrijkste specifieke deelmarkten binnen de infrastructuur: rijkswegen, spoorwegen, gemeentelijke wegen, riolering, water en ondergrondse infrastructuur.

Hoofdstuk 4 beschrijft enkele nieuwe ontwikkelingen die als 'game changer' kunnen worden gezien met betrekking tot hun impact op de vraag naar en het gebruik van infrastructuur. Deze trends vloeien vooral voort uit technologische ontwikkelingen en hebben een belangrijke link met maatschappelijke trends, bijvoorbeeld op het gebied van duurzaamheid. Zo worden er nu zelfsturende voertuigen ontwikkeld, neemt de ontwikkeling van elektrische auto's een grote vlucht en wordt de vraag naar energie groter en groener waarmee behoefte ontstaat aan 'smart grids'. De vraag is welke effecten deze nieuwe ontwikkelingen zullen hebben, zowel in algemene zin als op de investeringen in de infrastructuur. Vervolgens is de vraag of de overheid hier een rol heeft in directe of indirecte zin en hoe zij deze rol kan invullen.

2 Analytisch kader

2.1 Determinanten

De verkenningen in dit rapport zijn onder meer gebaseerd op de demografische en economische trends die in de komende decennia zijn te verwachten. In het onderzoek hanteren we een economische groei van gemiddeld 2% per jaar tot 2030. Deze groei heeft via de ontwikkeling van de mobiliteit zowel invloed op de kwantitatieve hoeveelheid infrastructuur (aantal benodigde kilometers weg, spoorweg of vaarweg) als op de kwaliteit van de infrastructuur die tot uiting komt in wensen en eisen met betrekking tot de infrastructuur, bijvoorbeeld betrouwbaarheid, comfort, veiligheid en duurzaamheid.

We beschouwen in dit rapport het gehele spectrum aan activiteiten rond de infrastructuur, dus nieuwbouw, reconstructie, vervanging en onderhoud. De behoefte aan nieuwbouw, reconstructie etc. wordt bepaald door verschillende determinanten. De toenemende mobiliteit maakt uitbreiding/nieuwbouw van infrastructuur nodig, bijvoorbeeld wegen en spoor, waar de capaciteitsgrenzen in zicht komen. Demografische groei, met name de groei in het aantal huishoudens, werkt door in de woningvraag en daarvoor benodigde bouwlocaties. Dit bepaalt vervolgens de daarmee samenhangende investeringen in gemeentelijke wegen, riolering en nutsvoorzieningen.

De behoefte aan vervanging van infrastructuur heeft te maken met de technische en economische levensduur van de verschillende netwerken. Deze hangen samen met het gebruik en nieuwe eisen aan de infrastructuur. De vervangingsvraag is mede gebaseerd op de verdeling van de netwerken naar bouwjaarklassen. Een groot deel van de huidige infrastructuur betreft naoorlogse netwerken die de komende decennia voor vervanging in aanmerking komen. Het onderhoud aan de infrastructuur hangt samen met de omvang van de voorraad, de leeftijd en de belasting. Toename van de mobiliteit leidt tot meer slijtage aan de infrastructuur en is daarmee medebepalend voor de onderhoudsbehoefte.

De demografische en economische trends en de gevolgen daarvan voor de mobiliteit zijn ook op regionaal niveau (COROP-gebied) bekeken. Deze benadering geeft inzicht in de verschillen die de komende jaren tussen de verschillende regio's in Nederland zichtbaar zullen worden.

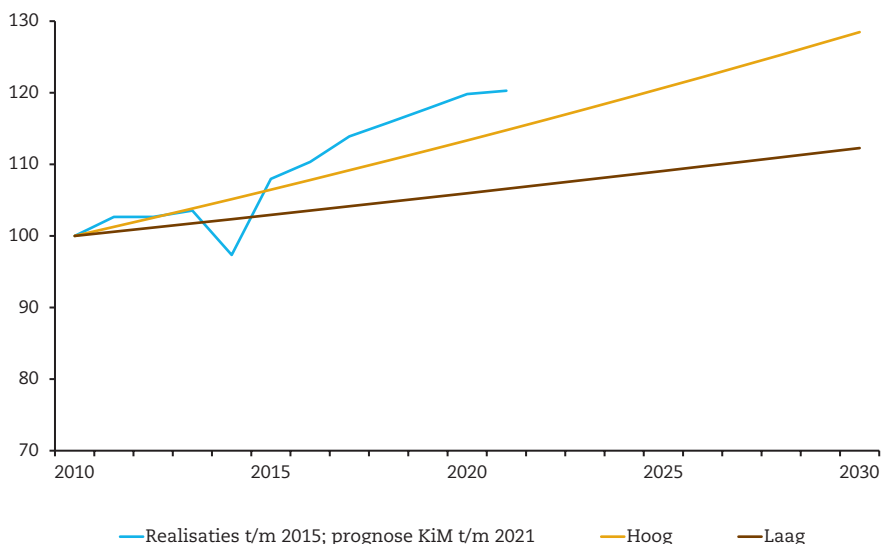
Bij de analyse van de trends en uitdagingen op de infrastructuurmarkt maken we onderscheid tussen recente ontwikkelingen (inclusief de effecten van de crisis), de periode tot 2030 en nieuwe ontwikkelingen of 'game changers' die vooral na 2030 hun invloed zullen hebben. Interessant daarbij is welke opgaven kunnen worden vastgesteld voor de bestaande, klassieke infrastructuur en daarnaast welke implicaties de 'game changers' hebben op het investeringsbeleid tot 2030. Dit laatste is van belang omdat voorbereiding van beleid en projecten doorgaans een lange duur kennen, zodat tijdig geanticipeerd zal moeten worden op de knelpunten op langere termijn.

2.2 Scenario's economische groei en investeringen infrastructuur

In deze studie worden de infrastructurele opgaven verkend tegen de achtergrond van een scenario van hoge economische groei (gemiddeld 2% per jaar tot 2030). Het laatste is niet vanzelfsprekend, men zou de infrastructuuropgaven ook kunnen bekijken in een omgeving met een lagere economische groei. Waarom dan toch gekeken naar relatief hoge groei? Hiervoor geven we twee argumenten.

Een eerste punt hier is dat de groeicijfers van een hoog scenario voor de lange termijn niet bijzonder hoog uitvallen voor de periode tot 2030. Het gaat dan om een periode van 15 jaar, waarbij we bovendien net een crisis achter de rug hebben. Er is sprake van een 'output gap' die in de komende 15 jaar al snel een extra groei oplevert van 0,3% per jaar. In een dergelijke context is een groei van 2% per jaar niet bijzonder hoog, maar eerder op te vatten als een gemiddeld groeipercentage. Ter onderbouwing is gekeken naar de ontwikkeling van de mobiliteit op de rijkswegen. In de huidige situatie met een aantrekkende economie neemt het aantal voertuigkilometers op de hoofdwegen sterk toe. Zo sterk dat deze in 2015 al boven het hoge scenario van de planbureaus voor de periode 2010-2030 is uitgekomen. Deze situatie zet zich volgens het KiM door tot 2021 (figuur 2.1). Het in dit onderzoek gehanteerde hoge scenario valt daardoor voor 2030 niet bijzonder hoog uit.

Figuur 2.1 Aantal voertuigkilometers op hoofdwegen, 2010-2030 (2010=100)



Bron: KiM Mobiliteitsbeeld 2015, EIB-bewerking

Als tweede punt geldt dat de groei van de mobiliteit steeds sterker geconcentreerd is in de drukke delen van ons land. Hierdoor zijn relatief meer middelen nodig om de infrastructuur te verwezenlijken in relatie tot de historische cijfers die de basis vormen voor de berekeningen van het EIB. Om de opgaven niet te onderschatten is het dan zaak om niet ook de verwachte groei van de verkeersintensiteit te behoedzaam in te schatten. De hogere kosten van infrastructuur betekenen dat er meer middelen nodig zijn om een bepaalde extra vervoerswaarde te realiseren. Dit vereist dan extra budget in relatie tot de historische verhoudingen en dit kan daarnaast ook gevolgen hebben voor de rentabiliteit van de investeringen in infrastructuur.

Het Centraal Planbureau en het Planbureau voor de Leefomgeving hebben in een recente studie² aandacht gevraagd voor dit punt. Zij pleiten voor een voorzichtig investeringsbeleid voor de infrastructuur dat vooral op een situatie van lage economische groei gebaseerd zou moeten worden. Bij het vaststellen van nieuwe infrastructuurprojecten zou moeten worden gezocht naar een 'no-regret projectvariant'. Dit komt voort uit de volgende redenering: 'Het meeste laaghangende fruit wat betreft de capaciteitsuitbreiding van het hoofdwegennet is inmiddels geplukt. De kosten van veel nieuwe weginfrastructuurprojecten zijn relatief hoog, vaak door hoge inpassingskosten. Veelal zal het uitvoeren van nieuwe projecten alleen tot welvaartswinst leiden als de congestie substantieel toeneemt. Dit geldt ook voor een deel van de projecten die zijn voorzien in het MIRT'³. En verderop in het rapport: 'Bij het vaststellen van nieuwe weginfrastructuurprojecten moet, vooral in stedelijk gebied, actief worden gezocht naar een zogeheten no-regret projectvariant, een variant die ongeacht het gehanteerde toekomstscenario welvaartsverhogend is. Wanneer in een project een dergelijke variant ontbreekt, is het zaak om zoveel mogelijk flexibiliteit te creëren zodat er nog geen definitief besluit hoeft te worden genomen. Een project kan bijvoorbeeld worden uitgesteld of indien mogelijk gefaseerd worden uitgevoerd'⁴.

Deze zienswijze lijkt echter moeilijk te verdedigen op basis van economische theorie en sluit niet aan bij de karakteristieken van infrastructuur. De gedachte dat infrastructurele investeringen zouden moeten worden gebaseerd op lage economische groei zou alleen te verdedigen zijn als in geval van hogere economische groei er snel en vrijwel kosteloos zou kunnen worden bijgeschakeld. Dit is bij grote infrastructuurprojecten echter niet het geval: het duurt vele jaren om te komen van plan tot oplevering. Het gevolg is dat er in geval van hoge groei belangrijke maatschappelijke baten worden misgelopen door alleen te investeren voor lage groei. Aangezien vervoer en congestie een sterk niet-lineair verband hebben waarbij een relatief kleine toename van het verkeer tot een aanzienlijke toename van de files leidt, is dit een wezenlijk probleem en zeker niet aan de duiden als 'no regret'. Infrastructuurinvesteringen zijn het best af te stemmen op normale groeiverwachtingen, waarbij ieder project bovendien apart moet worden gezien. Maatschappelijke kosten-batenanalyse kan helpen om het kaf van het koren te scheiden en ook de weg openen om projecten te optimaliseren. Een keuze op basis van de verwachte waarde van

2 CPB/PBL (2016). Kansrijk mobiliteitsbeleid. Den Haag.

3 Idem, p. 13-14.

4 Idem, p. 55.

het maatschappelijke resultaat van de verschillende alternatieven lijkt dan meer voor de hand te liggen.

Als het 'no regret' criterium in het verleden was toegepast, waren alleen de infrastructuurprojecten gerealiseerd die in een laag scenario een positief welvaartssaldo hadden opgeleverd. Dit betreft echter minder dan 5% van de projectvarianten in het lage scenario⁵.

Investeren bij op termijn afnemende congestie

De opkomst van zelfrijdende voertuigen heeft op de lange termijn aanzienlijke potentiële baten door de toename van de mobiliteit en het terugdringen van de congestie. De vraag is of door deze langetermijneffecten het nog wenselijk is om in nieuwe weginfrastructuur te investeren. Deze kan immers op lange termijn overbodig zijn. Investerings in wegen zouden daarom maatschappelijk onrendabel zijn. Er zullen in een scenario van relatief voorspoedige invoering van zelfsturende auto's wel wegprojecten zijn die niet meer maatschappelijk rendabel zijn. Hieruit kunnen echter geen generieke conclusies worden getrokken. Veel projecten zullen ook dan nog maatschappelijk rendabel zijn.

In de eerste plaats kan in een latere fase van de technologie, zoals de invoering van zelfrijdende robotauto's, de congestie weer toenemen. In de tweede plaats zal de daling van de congestie op lange termijn nog niet betekenen dat ook alle baten volledig verdwijnen. Het meest waarschijnlijk is dat naarmate de penetratie van zelfsturende auto's voortschrijdt, de baten van weginfrastructuur geleidelijk afnemen. Bij een scenario van voorspoedige invoering zullen de effecten pas na 25 jaar een grote vlucht kunnen gaan nemen, als bijna het hele autopark zelfsturend is. En dan nog is het effect waarschijnlijk beperkt tot de snelwegen. De baten zullen zelfs nooit volledig verdwijnen, omdat er naast vermindering van congestie ook andere baten zijn zoals kortere reistijden en reservecapaciteit voor ongewone situaties.

In de derde plaats is de groei van de baten van wegprojecten normaliter het grootst op de korte en middellange termijn, ongeveer de eerste 20 jaar. Daarna nemen de baten steeds minder toe, naarmate de capaciteit van de nieuwe infrastructuur verzadigd raakt. Tenslotte wegen de baten op de lange termijn in maatschappelijk kosten-batenanalyses minder zwaar vanwege het effect van de discontering met een discontovoet (momenteel 4½%). De resultaten van een kosten-batenanalyse zijn in de praktijk afhankelijk van de concrete eigenschappen van projecten. In algemene zin kan echter worden geconcludeerd dat de invoering van zelfsturende auto's nieuwe weginvesteringen niet overbodig maakt.

5 Idem, tabel 3.4.

Ook als zich op lange termijn ontwikkelingen voordoen die de congestie zouden kunnen verminderen, zoals de opkomst van de zelfrijdende auto, ligt het niet voor de hand om een voorzichtig investeringsbeleid te voeren (zie kader 'Investeren bij op termijn afnemende congestie'). In hoofdstuk 4 worden de mogelijke effecten van zelfrijdende auto's beschreven met een 'what if'-analyse.

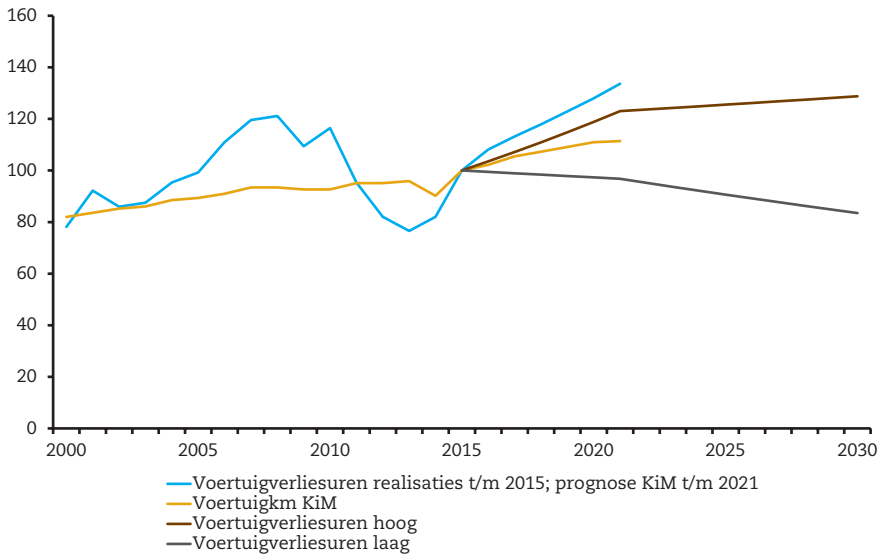
2.3 Feitelijk verloop van mobiliteit en verliesuren

Het verkeer en de daarmee gepaard gaande congestie kan in de periode tot 2030 sterk toenemen. In figuur 2.1 is al aangegeven dat na een daling in de periode tot 2014, waarbij de omvang van het verkeer onder het scenario 'Laag' kwam, er sprake was van een zodanig herstel dat al in 2015 de omvang van het verkeer licht boven het scenario Hoog ligt. Dit verschil loopt volgens de prognose van het KiM verder op tot 2021. Het verkeer op de hoofdwegen zal in de periode 2015-2021 volgens het KiM met 11,4% toenemen.

In figuur 2.2 wordt het historische verloop van het aantal verliesuren voor de periode 2000-2015 en de middellange termijnprognose van het KiM tot 2021 weergegeven. Tevens wordt het verloop weergegeven van het aantal voertuigverliesuren voor de scenario's 'Hoog' en 'Laag' tot 2030. Tegelijkertijd wordt het verloop van het aantal voertuigkilometers voor de periode 2000-2015 en de prognose van het KiM tot 2021 weergegeven, om het onderliggende verkeer van de congestie in beeld te brengen. In de periode 2000-2008 heeft een toename van het verkeer met 13% een toename van het aantal voertuigverliesuren met 55% veroorzaakt. Dit enorme effect heeft vooral te maken met het feit dat een aantal hoofdwegen tegen hun capaciteit aanliepen. Na 2008 werd het gebruik van extra stroken ingevoerd en nam het woon-werkverkeer door de crisis af. Met name de congestie in de spits nam sterk af. Daardoor daalde het aantal verliesuren fors, met als laagste punt een daling van 36% in 2013 ten opzichte van 2008. In de periode 2013-2015 was er weer sprake van een forse toename van de congestie, toen de werkgelegenheid zich herstelde en het effect van de extra stroken uitgewerkt raakte. Desondanks was in 2015 het aantal verliesuren nog steeds 17% lager dan het topjaar 2008.

De middellange termijnprognose van het KiM (2016) laat zien dat een toename van het aantal voertuigkilometers op het hoofdwegennet met 11,4% voor de periode 2016-2021 een toename van het aantal voertuigverliesuren met 33,6% zal veroorzaken. Dit is een toename van de congestie met een derde in vijf jaar, een toename die te vergelijken is met de stijging in de periode 2000-2008. In 2021 zal de congestie volgens het KiM al circa 10% boven het recordjaar 2008 liggen en circa 3% hoger dan het niveau van het scenario 'Hoog' voor 2030 (CPB en PBL, 2015) en 60% hoger dan het scenario 'Laag' voor dat jaar. Deze cijfers onderstrepen nogmaals dat flexibiliteit in de wegenaanleg in de vorm van 'uitstel' een risicovolle benadering is, omdat de congestie in een periode die te vergelijken is met de termijn van realisering van een weg enorm kan toenemen op basis van een relatief 'normale' groei van het verkeer.

Figuur 2.2 Aantal verliesuren op hoofdwegen in verschillende scenario's, 2000-2030 (2015=100)



Bron: EIB-bewerking van KiM (2013), KiM (2016) en CPB en PBL (2015)

Alternatief mobiliteitsbeleid

In dit onderzoek is uitgegaan van trendmatig mobiliteitsbeleid. Vaak wordt veel verwacht van alternatief beleid om de ontwikkelingen van de mobiliteit te beïnvloeden, bijvoorbeeld prijsbeleid of ruimtelijk beleid. Meer actief beleid in deze richtingen zou gevolgen hebben voor de behoefte aan infrastructuur.

Prijsbeleid heeft invloed op de optimale hoeveelheid infrastructuur. Met name met gedifferentieerd prijsbeleid worden de pieken in de mobiliteit afgevlakt zodat er minder behoefte aan capaciteitsuitbreiding is. Ook de congestie wordt via prijsbeleid verminderd. Tot op heden is de maatschappelijke haalbaarheid van het intensief beprijsen van wegverkeer echter gering gebleken.

Daarnaast is in de afgelopen decennia ruimtelijk beleid gevoerd. Met bijvoorbeeld het ABC-locatiebeleid en het knooppuntenbeleid werd beoogd de modal split te beïnvloeden en het autoverkeer te beperken. De praktijk kenmerkt zich echter door veel kris-krasbewegingen, waardoor de mobiliteitsstromen moeilijk konden worden beïnvloed. De ervaringen met dit beleid zijn in de afgelopen 20 jaar dan ook teleurstellend geweest.

3 Trends op deelmarkten tot 2030

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk gaan we in op de belangrijkste trends op de markt voor infrastructuur en de verschillende deelmarkten binnen de infrastructuur. De deelmarkten onderscheiden zich van elkaar wat betreft de functie van de infrastructuur en daarmee ook wat betreft de beheerders van de infrastructuur en de betrokken actoren. Veelal lopen ook de determinanten van de ontwikkelingen op de verschillende deelmarkten uiteen. We onderscheiden in dit onderzoek de volgende deelmarkten:

- Rijkswegen
- Spoorwegen
- Gemeentelijke wegen
- Riolering
- Water
- Ondergrondse infrastructuur

De analyse van trends en uitdagingen op de verschillende deelmarkten maakt het ook mogelijk voor de gww-bedrijven, die actief zijn op één of meerdere van deze deelmarkten, om zich voor te bereiden op de uitdagingen.

Allereerst positioneren we in paragraaf 3.2 de totale infrastructuurmarkt. Voor het jaar 2015 geven we inzicht in de samenstelling van deze markt naar een aantal kenmerken. We schetsen daarna eerst de belangrijkste trends in de infrastructuur tot 2030. In de paragrafen 3.3 tot en met 3.7 gaan we in op zes hiervoor genoemde deelmarkten. Hierbij geven we op basis van de belangrijkste trends op deze deelmarkten een beeld van de investeringsopgaven. Hieronder verstaan we de uitgaven⁶ die nodig zijn om aan de vraag naar infrastructuur tegemoet te kunnen komen. Paragraaf 3.8 sluit dit hoofdstuk af met een confrontatie van de opgaven met de beschikbare middelen.

3.2 Positionering van de infrastructuurmarkt

De infrastructuurmarkt 2015: keerpunt na sterke daling van de uitgaven

Voor een goed beeld van de toekomstige opgaven is het zinvol terug te kijken op de recente ontwikkelingen en het herstel uit de crisis. De markt voor infrastructuur heeft een aantal jaren sterk onder druk gestaan, zowel door de krimp in de ontwikkeling van bouwlocaties als door bezuinigingen van de overheid. Met name bij het Rijk en de gemeenten zijn investeringen en onderhoud van de infrastructuur na 2011 gedaald. Meerjarenprogramma's voor infrastructuur zijn hierdoor in successievelijke begrotingen van het Infrastruc-

⁶ De uitgaven hebben betrekking op de productie die wordt geleverd door de gww-bedrijven. Daarnaast zijn er nog bijkomende kosten voor de realisatie van de infrastructuur, zoals grondaankopen, eigen personeel van infrastructuurbeheerders en uitbesteding van werk aan niet-gww-bedrijven.

tuurfonds getemporiseerd en projecten zijn versoerd. De jaarlijkse analyse die het EIB uitvoert van het MIRT⁷ laat zien dat het aantal vertraagde projecten in de afgelopen jaren onder meer hierdoor is toegenomen⁸. Ook zijn de ambities, bijvoorbeeld wat betreft onderhoudskwaliteit, verlaagd. Dit geldt vooral bij de gemeenten. Onder invloed van het economisch herstel markeert het jaar 2015 een omslag in de marktvolumes voor zowel nieuwe infrastructuur als het onderhoud. Met een omvang van € 15 miljard vertegenwoordigt de infrastructuurmarkt een kwart van de totale bouwproductie. Tot deze markt rekenen we verschillende typen netwerken en voorzieningen voor het verkeer van personen en goederen, transport van energie, water en data, en regulering van en bescherming tegen het water.

De infrastructuur is grotendeels in beheer bij de rijksoverheid en de decentrale overheden provincies, gemeenten en waterschappen (figuur 3.1). Daarnaast zijn ook bedrijven opdrachtgevers voor gww-werken, zowel private bedrijven als bedrijven op het grensvlak van overheid en markt (energie- en waterbedrijven, havenbedrijven, Schiphol en ProRail). In 2015 had de nieuwbouw van infrastructuur een omvang van circa € 4,1 miljard (ruim een kwart van de gww-productie). Het grootste aandeel in de gww-markt (ruim 40%) betreft het onderhoud aan de infrastructuur, in 2015 ging het om € 6,4 miljard. Daarnaast onderscheiden we reconstructie en vervanging.

Van de zes deelmarkten die in dit rapport worden beschreven, is de gemeentelijke wegenmarkt het grootst met in 2015 een omvang van € 2,1 miljard. Hierna volgt ondergrondse infrastructuur (€ 1,6 miljard). De rijkswegen waren in 2015 goed voor € 1,4 miljard. Als gevolg van omvangrijke bezuinigingen is dit flink gedaald in vergelijking met 2010. De waterbouwmarkt heeft een omvang van € 1,5 miljard in 2015. Grote programma's als Ruimte voor de Rivier en de Maaswerken droegen hieraan bij. In de regionale verdeling van de gww-markt hebben de regio's Randstad Noord, Randstad Zuid, Oost en Zuid ongeveer een gelijk aandeel met € 3 à 3½ miljard. In Noord is de gww-markt bijna € 2 miljard in omvang. Zuid-Holland is de provincie met het grootste aandeel (circa 20%). Noord-Brabant, Noord-Holland en Gelderland vertegenwoordigen elk bijna 15% van de markt.

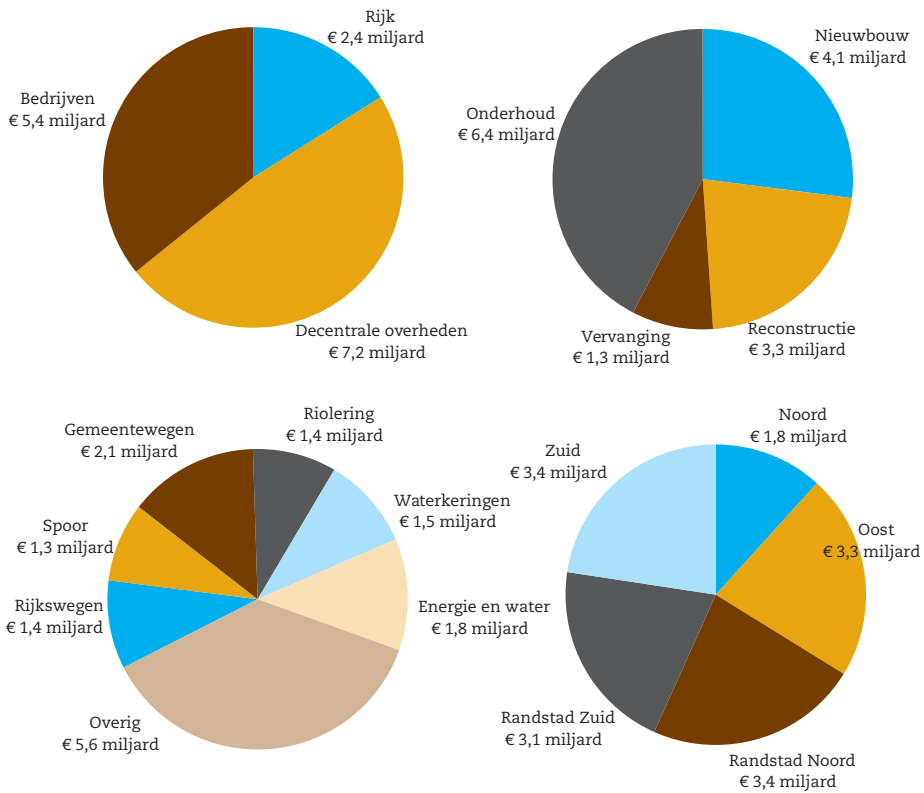
Bezuinigingen ijlen nog na tot 2020

Vanaf 2015 is weer sprake van groei op de gww-markt, zowel bij nieuwbouw als bij onderhoud. Een deel van de groei komt voort uit het stevige herstel in de woningbouw waardoor de investeringen rond bouwlocaties sterk toenemen (onder meer wegen en riolering). Ook zien we na een sterke daling van de investeringen in rijkswegen gedurende de crisisjaren nu weer een sterke intensivering. De eerder ingezette bezuinigingen en versoeringen ijlen echter nog wel na. De positieve effecten van de investeringen in wegen zijn pas over enkele jaren zichtbaar als de nu opgestarte projecten zullen zijn gerealiseerd. Verder zien we bij gemeenten dat over een brede linie de kwaliteitsambities voor de komende jaren zijn verlaagd. De onderhoudsmarkt groeit weliswaar weer, maar op een lager pad dan zonder de bezuinigingen het geval zou zijn geweest. De komende jaren tot 2020 staan daarom nog deels in het teken van het inhalen van eerder verloren productievolume.

7 Meerjarenprogramma Infrastructuur, Ruimte en Transport.

8 EIB (2015). Infrastructuurmonitor 2016. Amsterdam.

Figuur 3.1 Infrastructuurmarkt 2015



Bron: EIB

Totale infrastructuuropgave: bijna € 245 miljard tot 2030

Verder vooruitkijkend zien we dat de toenemende welvaart, een groeiend aantal huishoudens en hogere maatschappelijke en individuele wensen ertoe leiden dat er voor de komende jaren grote uitgaven aan de infrastructuur nodig zullen zijn, zowel wat betreft nieuwbouw en reconstructie als vervanging en onderhoud. Bij een economische groei van gemiddeld 2% per jaar tot 2030 bedraagt deze opgave bijna € 245 miljard voor de periode 2015-2030. De opgave heeft niet alleen betrekking op de kwantitatieve hoeveelheid infrastructuur (kilometers wegen en dijken). Toenemende eisen en wensen op het gebied van comfort, veiligheid en duurzaamheid zijn ook van belang voor de kwaliteit van de infrastructuur. Tabel 3.1 geeft de totale opgaven weer voor de verschillende deelmarkten. In de latere paragrafen gaan we verder in op de specifieke trends op elk van de deelmarkten.

Tabel 3.1 Investeringsopgaven¹ per deelmarkt bij hoge economische groei, 2015-2030 (mld euro)

	Nieuw- bouw	Recon- structie	Ver- vanging	Onder- houd	Totaal
Rijkswegen	6	6	3	12	27
Spoorwegen	4	5	2	7	18
Gemeentelijke wegen en riolering	11	12	8	21	52
Waterk	5	5	2	8	20
Ondergrondse infra	8	6	2	11	27
Overig publiek	15	10	3	17	45
Overig privaat	19	12	4	20	55
Totaal	68	56	24	96	244

1 Productie geleverd door de gww-sector

Bron: EIB

Groeiversnelling in de periode 2020-2025

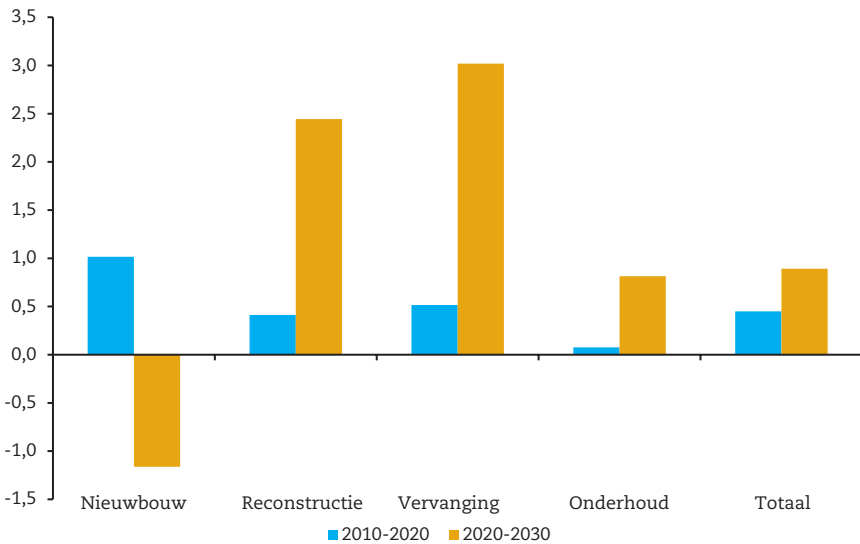
Door de bezuinigingen gedurende de crisis, die ook in de komende jaren nog hun effecten zullen hebben, zal tussen 2020 en 2025 sprake zijn van een groeiversnelling. Bij verder aantrekkende economische groei zullen de uitgaven aan infrastructuur na het eerste herstel vanaf 2015 verder moeten stijgen. De groeiversnelling heeft met een aantal factoren te maken:

- groei van werkgelegenheid en mobiliteit, op de weg en het spoor
- gunstige inkomensontwikkeling en daardoor toenemende kwaliteitwensen
- versnelling van de vervangingsopgave
- toenemende opgaven voor waterveiligheid
- groei van het onderhoud door vergroting van de voorraad infrastructuur en het gebruik ervan

Focus verschuift van nieuwbouw naar reconstructie, vervanging en onderhoud

Het komende decennium staat naast de groeiversnelling ook in het teken van een aantal structurele veranderingen. In de eerstkomende jaren, tot circa 2025, zal de nieuwbouw van infrastructuur nog een belangrijke rol spelen, met name bij de nationale infrastructuur en bij gemeenten als gevolg van de sterke groei van de woningbouw. Uitbreiding van infrastructuur is voor een deel een inhaaleffect, veroorzaakt door de tijd die nodig is voor voorbereiding en planvorming van grotere projecten na de recente bezuinigingsrondes. Na 2025 neemt de nieuwbouw echter af, onder meer door de verwachte omslag in de groei van de beroepsbevolking. Op landelijk niveau neemt hierdoor het spitsverkeer minder snel toe. Reconstructie, vervanging en onderhoud nemen dan in belang toe. Bij vervanging speelt met name een rol dat een belangrijk deel van de naoorlogse infrastructuur verder zal verouderen en de komende jaren

Figuur 3.2 Ontwikkeling infrastructuuropgave naar de aard van de werkzaamheden, 2010-2030 (gemiddelde groei per jaar in %)



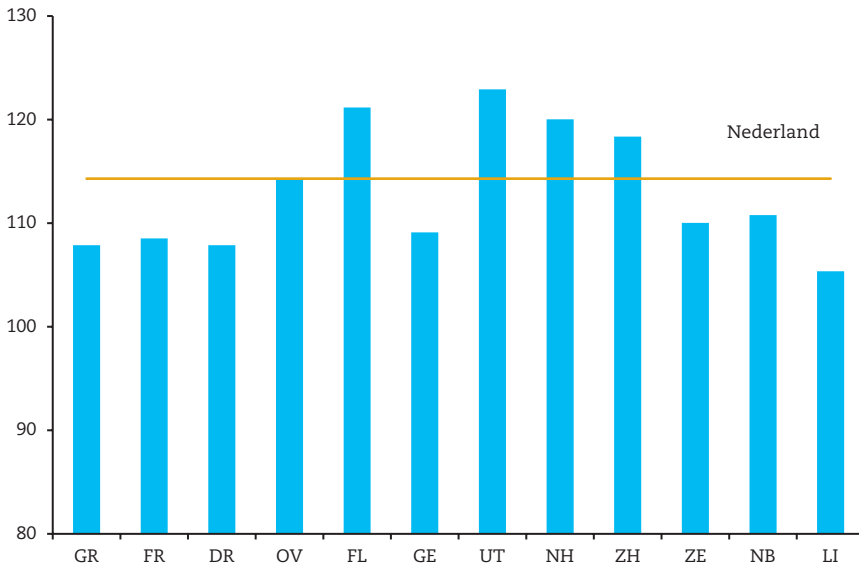
Bron: EIB

aan vervanging toe is. In vergelijking met de periode 2010-2020 neemt het groeitempo bij vervanging dan ook toe (figuur 3.2). Ook reconstructie van infrastructuur zal belangrijker worden. De totale gww-productie ligt in 2030 bij de veronderstelde economische groei ongeveer 15% boven het niveau van 2010. Het volume van zowel reconstructie als vervanging ligt in 2030 30 à 40% hoger dan in 2010.

Groei vooral in de westelijke provincies

De komende jaren zal de totale infrastructuuropgave in alle provincies nog toenemen. De demografische en economische groei concentreert zich echter in de Randstad. De groei van de infrastructuuropgaven zal dan ook sterke regionale verschillen laten zien (figuur 3.3). In de Randstadprovincies en Flevoland ligt de gww-productie in 2030 ongeveer 20% boven het niveau van 2010. Een deel van de benodigde investeringen betreft projecten die nu in de voorbereidingsfase zitten, zoals de Blankenburgtunnel, de A13/A16 en de ring rond Utrecht. Limburg blijft wat de opgaven betreft in de komende jaren het verst achter bij de landelijke ontwikkeling met een 5% hoger volume in 2030. Ook in de noordelijke provincies is de groei minder dan gemiddeld, al leidt de uitvoering van het Regio Specifiek Pakket (RSP) de komende jaren nog tot belangrijke investeringen. Ook binnen regio's zullen er verschillen zijn, waarbij de grotere steden in een provincie zich gunstiger zullen ontwikkelen dan de meer rurale gebieden. De regionale verschillen zullen in de loop van de tijd verder toenemen.

Figuur 3.3 Indexcijfers infrastructuuropgave per provincie in vergelijking met het landelijk gemiddelde, 2030 (2010=100)



Bron: EIB

Reconstructie, vervanging en onderhoud van infrastructuur laten in alle provincies groei zien tot 2030. Het beeld van een toenemende veroudering van de bestaande infrastructuur is (met uitzondering van Flevoland) een landelijke trend. Binnen elk van de regio's zijn de vervangingsopgaven in de stedelijke gebieden het omvangrijkst en het meest complex. De nieuwbouw van infrastructuur groeit tot 2030 per saldo alleen nog in Noord- en Zuid-Holland, Utrecht en Flevoland, waarbij de toename vooral betrekking heeft op de periode tot 2025⁹.

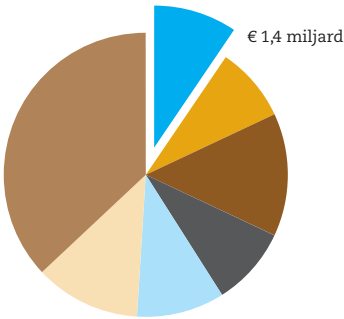
Groei tot 2030 vooral bij rijkswegen, spoor en water

De deelmarkten in de gww laten een sterk verschillend beeld zien. Hoewel tussen 2020 en 2030 op alle deelmarkten sprake is van groei, loopt het groeitempo relatief sterk uiteen. Rijkswegen, spoorwegen en ondergrondse infrastructuur groeien na 2020 met gemiddeld 1 à 1½% per jaar. De markt voor waterkeringen komt hier bovenuit met ongeveer 2% groei per jaar. Vooral bij rijkswegen is sprake van een sterke groeiversnelling tussen 2020 en 2030 in vergelijking met de periode 2010-2020. De bezuinigingen hadden toen sterke effecten op met name de investeringen in rijkswegen. De groeiversnelling treedt ook op bij spoorwegen en waterkeringen.

⁹ In de rapporten 'Investeren in [provincie]' heeft het EIB voor elke provincie de investeringsopgaven in de gww en de gehele bouwsector voor de komende jaren in beeld gebracht.

3.3 Rijkswegen

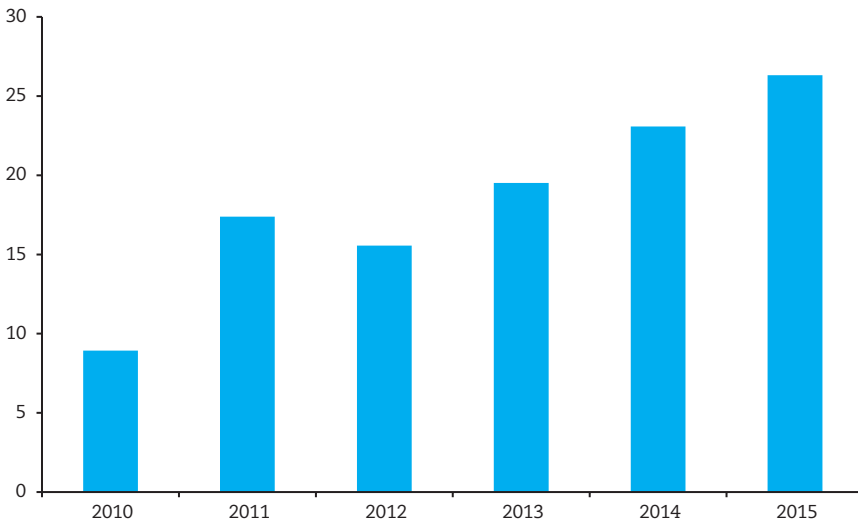
Marktvolume 2015



Investeringsopgave rijkswegen neemt sterk toe

De markt voor rijkswegen is één van de grotere deelmarkten binnen de gww met in 2015 een omvang van € 1,4 miljard. Het rijkswegennet heeft een omvang van circa 5.000 kilometer. Rijkswaterstaat is de belangrijkste individuele opdrachtgever voor de gww-markt. In de afgelopen jaren zijn de uitgaven aan rijkswegen sterk teruggelopen doordat Rijkswaterstaat werd geconfronteerd met achtereenvolgende bezuinigingen. Projecten werden hierdoor versoberd of getemporiseerd. In de periode 2010-2015 is het percentage vertraagde projecten bij de rijkswegen dan ook sterk toegenomen van minder dan 10% in 2010 naar 25% in 2015 (figuur 3.4).

Figuur 3.4 Aandeel vertraagde rijkswegenprojecten, 2010-2015 (% van totaal aantal rijkswegenprojecten)

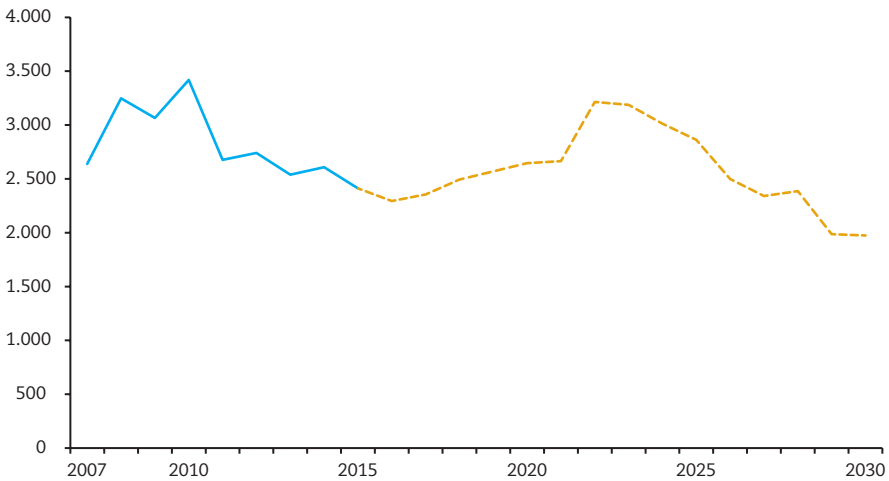


Bron: Begroting Infrastructuurfonds, analyse EIB

Voor de komende jaren neemt de totale investeringsopgave voor de rijkswegen sterk toe. Het aantal voertuigenverliesuren zal weer verder toenemen. In de meeste regio's zullen de pendelstromen in de komende jaren nog groeien waardoor de druk op de bestaande wegcapaciteit wordt vergroot. Vooral tot 2025 zijn daarom nog uitbreidingsinvesteringen in het wegennet nodig. Dit betreft vooral de aanleg van verbindende schakels (zoals de recent geopende A4 Midden-Delfland) en het opheffen van knelpunten op belangrijke corridors. Daarnaast zal nog meer worden ingezet op het beter benutten van de bestaande infrastructuur met verkeersmanagementsystemen. Hogere welvaart leidt daarnaast ook tot hogere maatschappelijke en individuele eisen op het gebied van bijvoorbeeld betrouwbaarheid van reistijden, comfort, veiligheid en duurzaamheid. Ook hierop zal het wegennet moeten worden aangepast.

Na de bezuinigingen van de afgelopen jaren vormt 2016, met een rijkswegenbudget van € 2,3 miljard het keerpunt. In de eerstkomende jaren zal het budget voor rijkswegen sterk stijgen naar € 3,2 miljard in 2022 (figuur 3.5). In de jaren daarna neemt het budget weer af richting 2030¹⁰. In paragraaf 3.8 gaan we in op de vraag hoe deze budgetten zich verhouden tot de opgaven voor rijkswegen.

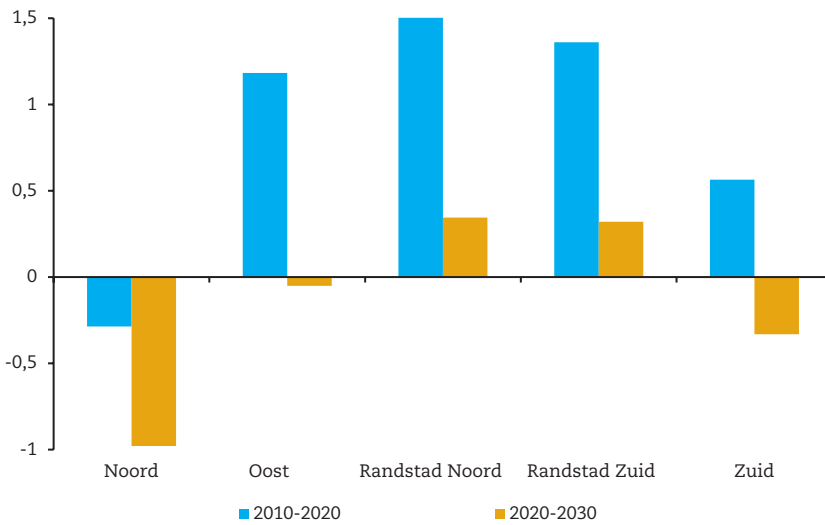
Figuur 3.5 Rijkswegenbudget Infrastructuurfonds, 2007-2030 (mln euro)



Bron: Begrotingen Infrastructuurfonds, bewerking EIB

10 Hierbij is rekening gehouden met het recente kabinetsbesluit om het Infrastructuurfonds door te trekken naar 2030.

Figuur 3.6 Ontwikkeling pendelstromen per regio, 2010-2030, exclusief opleidingseffect (gemiddelde mutatie per jaar in %)



Bron: EIB

Bij de mobiliteitsontwikkelingen doet zich een sterke regionale differentiatie voor (figuur 3.6). De pendelstromen in de Randstad zullen in de komende decennia nog blijven groeien, ook na 2030. In Oost- en Zuid-Nederland daarentegen zullen de pendelstromen, onder invloed van de regionale werkgelegenheidsontwikkelingen, vanaf 2020 naar verwachting afnemen. Hierbij is nog geen rekening gehouden met het stijgende opleidingspeil van de bevolking. Een hogere opleiding gaat in het algemeen gepaard met een grotere mobiliteit (zie het kader 'Pendelstromen en opleiding').

Pendelstromen en opleiding

De in dit hoofdstuk gepresenteerde cijfers over de ontwikkeling van de congestie zijn grotendeels gebaseerd op de ontwikkeling van het pendelen in woon-werkritten. De belangrijkste verklarende factor hierbij is de ontwikkeling van de werkgelegenheid. De ontwikkeling van het opleidingsniveau blijkt echter ook een rol te spelen bij de pendelstromen. Zo is het aandeel van hooggeschoolden in woon-werkritten met een afstand groter dan 20 kilometer 48%, terwijl het aandeel van laaggeschoolden in deze woon-werkritten 15% is. Hoe hoger het opleidingsniveau van werknemers is, hoe groter de woon-werkafstand. Hoger opgeleiden accepteren voor hun werk gemiddeld genomen een grotere woon-werkafstand. De flexibilisering van de arbeidsmarkt en het grote aantal tweeverdieners maakt dat ook in de toekomst het wonen niet altijd het werken zal volgen.

Het aandeel hooggeschoolden in de beroepsbevolking zal in de periode 2015-2039 naar verwachting toenemen van 43% tot 49%, terwijl het aandeel van laaggeschoolden in dezelfde periode van 22% naar 13% zal afnemen. De toename van het aandeel hooggeschoolden en in mindere mate van middelgeschoolden zal leiden tot een grotere woon-werkafstand en dus een omvangrijker pendelstroom.

Om een beeld te geven van de consequenties van de veranderingen in opleidingsniveau op het pendelen hebben wij een indicatieve berekening uitgevoerd waarbij is aangenomen dat het aantal pendelaars per werkende per opleidingsniveau gelijk blijft in de periode tot 2030. Als proxy van het aantal pendelaars per werkende voor de verschillende opleidingsniveaus zijn wij uitgegaan van gegevens van het Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM) over het aantal woon-werkritten met een afstand groter dan 20 kilometer.

Onder deze aannames zou het aantal pendelaars per werkende voor Nederland in 2030 4% hoger liggen dan in de situatie zonder stijgend opleidingspeil. Deze groei komt bovenop de groei die door de werkgelegenheidsontwikkeling wordt veroorzaakt en die in dit hoofdstuk is gepresenteerd. Omdat de congestie een exponentieel verschijnsel is, zal de congestie in aantal verliesuren met meer dan 4% extra toenemen. Als de vuistregel van groei van de congestie (namelijk drie keer de groei van het pendelen) wordt gehanteerd, zou dit betekenen dat de congestie ongeveer met 12% extra zou toenemen. Naar verwachting zou dit in de Randstad nog hoger kunnen zijn en in de perifere regio's lager.

In modellen waar expliciet rekening wordt gehouden met het autobezit als verklarende factor voor pendel en congestie, zal bovengenoemde 4% extra pendelgroei niet volledig additief zijn met het effect van het autobezit. Dit komt omdat er in dat geval enige overlap is tussen de toename van het pendelen vanwege het opleidingsniveau en de daarmee gepaard gaande toename van de woon-werkafstand, en de toename van het pendelen vanwege de toename van het autobezit.

Verschuiving van uitbreiding naar reconstructie en vervanging

De toename van de investeringsopgave voor de rijkswegen gaat gepaard met enkele structurele veranderingen. In de eerste plaats komt op termijn de focus bij de rijkswegen minder te liggen op uitbreiding en meer op reconstructie en vervanging. Uitbreiding neemt op landelijk niveau af door de afnemende groei van de beroepsbevolking en daarmee van het woon-werkverkeer. Toenemende welvaart en opleiding maken dat de vraag naar kwaliteit zal blijven groeien, bijvoorbeeld wat betreft comfort en betrouwbaarheid van reistijden. Ook maatschappelijke eisen op het gebied van bijvoorbeeld milieu, duurzaamheid en veiligheid nemen toe. Omdat de mobiliteit vooral in de drukkere regio's nog zal blijven stijgen, met name in de Randstad, gaat het bij reconstructie van verkeersknooppunten en aanpassingen aan bestaande wegprofielen veelal om kostbare ingrepen. Deze activiteiten zullen ook grote maatschappelijke effecten hebben in de vorm van verkeershinder.

Naast reconstructie neemt ook de vervanging van infrastructuur in de komende decennia toe. De huidige infrastructuur verouderd en voldoet deels niet

meer aan de actuele en toekomstige gebruikerswensen. De vervanging bij het rijkswegennet heeft betrekking op een aantal componenten:

- Kunstwerken: viaducten en bruggen die gezien de ontwerplevensduur en de toenemende belasting door het verkeer aan vervanging toe zijn
- Verkeersinstallaties: installaties rond wegen en tunnels op het gebied van onder meer verkeersmanagement en veiligheid

De mate waarin en de wijze waarop vervanging zal plaatsvinden heeft onder meer te maken met beschikbare middelen maar ook met de toekomstige trends in het gebruik van de infrastructuur. Wat betreft de kunstwerken is het vanwege de lange levensduur bij nieuwbouw van deze objecten van belang om inzicht te hebben in de toekomstige mobiliteit op de verkeersverbindingen bij deze kunstwerken. Mogelijk zullen hiervoor nieuwe oplossingen moeten worden gevonden in de sfeer van modulair bijbouwen of partieel vervangen. De strategie van Rijkswaterstaat is gericht op het verbinden van korte-termijn-beslissingen over de vervanging van kunstwerken met de lange termijn-opgaven van de gehele rijksweg. Hierbij wordt niet alleen gekeken naar één zichtjaar, maar wordt ook de periode daarna toe bekeken¹¹. Daarnaast worden deze opgaven ook in een bredere ruimtelijke context beschouwd, waarbij ook koppeling met andere regionale projecten mogelijk is. De nieuwe MIRT-strategie van het ministerie van Infrastructuur en Milieu is ook gericht op een intensievere regionale aanpak van de bereikbaarheidsproblemen¹².

Bij verkeersinstallaties is van belang in welke mate management van verkeersstromen in de toekomst via de wegwijk zal plaatsvinden, via de voertuigen of via een combinatie hiervan. Toenemende digitalisering en groei van draadloze technieken maken dat de rol van de voertuigen zelf hier steeds groter zal worden. Voor andere functies als beveiliging en energievoorziening zullen installaties naar verwachting wel een grote rol blijven spelen. In het volgende hoofdstuk bespreken we enkele nieuwe ontwikkelingen die op het langere termijnperspectief van verkeersinstallaties van nieuwbouw en vervanging van invloed zijn.

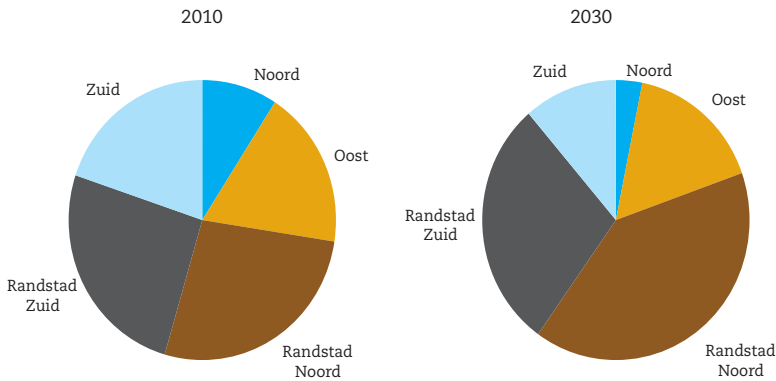
Sterke regionale herverdeling bij nieuwbouwoopgave rijkswegen

Naast het toenemende belang van reconstructie en vervanging is een tweede structurele verandering in de investeringsopgave dat van de grotere verschillen tussen regio's. Relatief sterke economische groei, concentratie van woningbouw en de blijvend toenemende pendelstromen leiden tot een sterke toename van de infrastructuuropgaven in Randstad Noord en Randstad Zuid, vooral in de periode 2020-2030. Met name regio Noord en in iets mindere mate regio Zuid ondervinden al tussen 2020 en 2030 de gevolgen van demografische krimp voor de infrastructuur. Extra capaciteit is daarom vooral nodig in de Randstad. Er vindt hiermee een sterke verschuiving plaats van de investeringsopgave voor nieuwe rijkswegen. Het aandeel van de Randstadregio's in de totale landelijke nieuwbouwinvesteringen in wegen neemt dan ook sterk toe. In 2010 lag het gezamenlijk aandeel van de Randstad op 53%. In 2030 is dit aandeel toegenomen tot 72%, waarbij de grootste toename plaatsvindt in Randstad Noord (figuur 3.7).

11 Rijkswaterstaat. Strategische Verkenning: Adaptieve planning droog – praktijkcasus A44.

12 Rijksbegroting ministerie van Infrastructuur & Milieu 2017.

Figuur 3.7 Verdeling nieuwbouw rijkswegen naar landsdeel, 2010 en 2030 (%)



Bron: Begrotingen Infrastructuurfonds, bewerking EIB

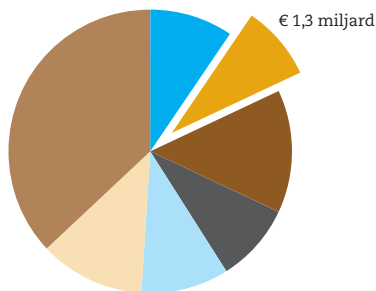
Infrastructuur ingezet voor maatschappelijke aspiraties

Het karakter en het aanzien van de weginfrastructuur is de afgelopen jaren sterk veranderd onder invloed van maatschappelijke eisen. Deze hebben ertoe geleid dat de weginvesteringen niet alleen meer zijn gericht op de primaire functionaliteit (bereikbaarheid, doorstroming), maar dat ook hogere eisen rond geluid, veiligheid en duurzaamheid een rol zijn gaan spelen. Daartoe is bijvoorbeeld geïnvesteerd in geluidsschermen en stiller asfalt. Daarnaast hebben technische ontwikkelingen geresulteerd in een sterke toename van het aantal installaties rond de wegen, gericht op bediening, signalering, beveiliging en verkeersmanagement.

De invloed van maatschappelijke eisen en technische ontwikkelingen zal de komende jaren doorzetten. Voor de opgaven is daarom niet alleen de ontwikkeling van de mobiliteit bepalend. De infrastructuur zal nog meer worden ingezet om maatschappelijke aspiraties te kunnen verwezenlijken. Het gaat hierbij naast het bevorderen van verkeersveiligheid en het terugdringen van geluidhinder ook om circulariteit en energievoorziening. Voorbeelden hiervan zijn het terugwinnen van energie uit asfalt en het combineren van geluidsschermen met zonnepanelen. De kosten van realisatie van infrastructuur zullen door deze sterkere eisen toenemen. Hier staat echter tegenover dat met de infrastructuur ook maatschappelijke baten kunnen worden gerealiseerd.

3.4 Spoorwegen

Marktvolume 2015



Complexe opgaven vooral aan de bestaande netwerken

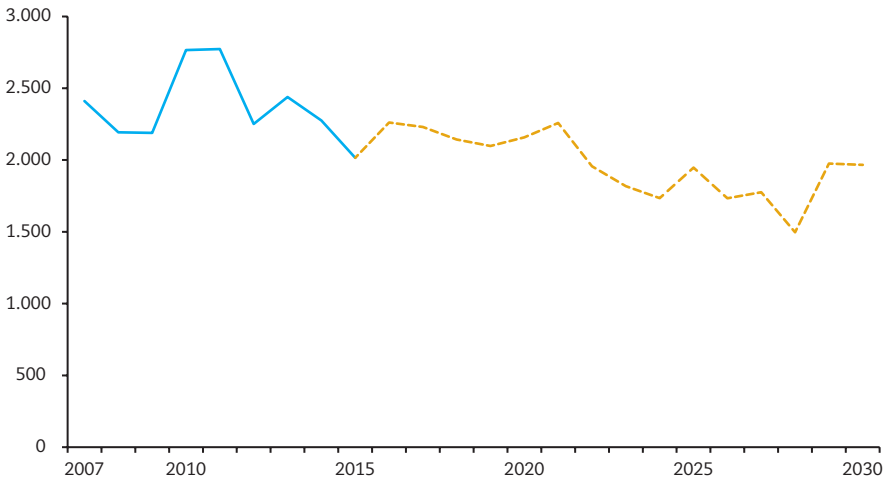
De markt voor het landelijk spoorwegennet had in 2015 een omvang van € 1,3 miljard. Tot 2030 zullen de opgaven voor spoorwegen toenemen. Het betreft vooral aanpassingen aan de bestaande infrastructuur. De netwerkstructuur van de spoorwegen is inmiddels nagenoeg voltooid. Uitbreidingen zijn wel nodig op de belangrijkste corridors met aanleg van extra sporen en bypasses, het opheffen van knelpunten en het beter benutten van de bestaande infrastructuur. De spoorwegopgave kent een toenemende complexiteit omdat deze moet worden gerealiseerd binnen strenge operationele, ruimtelijke en financiële randvoorwaarden. Het gaat dan ook om kostbare ingrepen met grote maatschappelijke effecten in de vorm van reizigers- en omgevingshinder.

De toenemende opgaven zullen voor een belangrijk deel moeten worden bekostigd via het Infrastructuurfonds. Na een piek in deze middelen in de periode 2010-2012 lagen de budgetten voor de recentere jaren op een lager niveau (figuur 3.8). Voor de komende vijf jaar lijken de budgetten zich vooralsnog te stabiliseren, op de langere termijn gaan deze echter verder terug. Dit betekent dat de groei die in de komende jaren in de spoorwegopgaven wordt voorzien, in toenemende mate spanning zal laten zien met het budget voor spoorwegen. In paragraaf 3.8 geven we een uitgebreidere confrontatie van opgaven en budgetten.

Investeringsen vooral gericht op Randstad en achterlandverbindingen

Evenals bij de wegen liggen de opgaven op het spoor vooral binnen de Randstad en op de belangrijkste corridors vanuit de Randstad naar de omliggende gebieden. De Lange Termijn Spoor Agenda (LTSA) laat zien dat het reizigersvervoer vooral tussen de Randstad en de verder gelegen landsdelen nog sterk zal kunnen groeien (tabel 3.2). Op de belangrijkste corridors wordt daarom een verhoging van de spoorintensiteit op de verschillende baanvakken voorzien, bijvoorbeeld via zogeheten 'spoorboekloos rijden'. Railvervoer zonder relatie met de Randstad zal naar verwachting niet veel groei meer laten zien.

Figuur 3.8 Spoorwegenbudget Infrastructuurfonds, 2007-2030 (mln euro)



Bron: Begrotingen Infrastructuurfonds, bewerking EIB

Tabel 3.2 Ontwikkeling reizigersvervoer per trein binnen en tussen regio's, 2011-2030 (%)

Van regio naar regio	Randstad	Invloedsgebieden	Landsdelen
Randstad	+5 tot +41	+5 tot +40	+22 tot +55
Invloedsgebieden		-5 tot +22	-11 tot +14
Landsdelen			-18 tot +6

Bron: Ministerie van I&M

Toenemende vervanging van systemen en kunstwerken

Bij de spoorinfrastructuur zal de vervanging de komende decennia eveneens worden geïntensiveerd. De nadruk ligt in de eerstkomende jaren vooral op vervanging van elektrotechnische componenten als beveiliging en signalering. Het vervangingsprogramma zal daarbij worden afgestemd met de geleidelijke uitrol van het ERTMS-systeem¹³. Ook de vervanging van kunstwerken en portalen wordt belangrijker, al ligt het zwaartepunt hiervan volgens opgaven

13 European Rail Traffic Management System.

van ProRail wat verder in de tijd. Hiernaast bestaat de kapitaalgoederenvoorraad bij het spoor voor een groot deel uit de zogeheten bovenbouw (dwarsliggers en spoorstaven). De vervanging hiervan gebeurt nu in reguliere programma's en zal moeten worden geïntensiveerd bij verder toenemend treinverkeer.

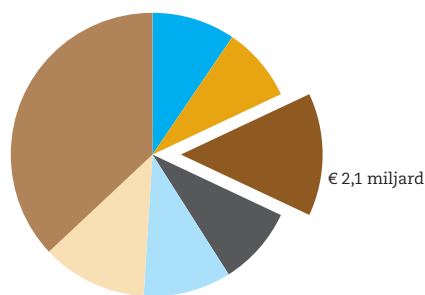
Onderhoud spoor grote uitdaging

Daar waar de druk het grootst is (in de Randstad), zullen de onderhoudsopgaven het sterkst toenemen. De maatschappelijke effecten van onderhoud, zowel wat betreft reizigershinder als uitvoeringskosten van nacht- en weekendwerk, zijn groot. Het streven is gericht op meer onderhoudsarme infrastructuur. Daarnaast zet ProRail in op een robuuster en minder storingsgevoelig netwerk. Het doel is om beheer en onderhoud veel efficiënter uit te voeren. Hiervoor is in de eerstkomende jaren echter nog een (grote) investeringsimpuls nodig. Hieruit vloeien gezien de druk op de beschikbare budgetten grote uitdagingen voort, ook wat betreft het geambieerde kwaliteitsniveau in drukke en minder drukke gebieden.

3.5 Gemeentelijke wegen en riolering

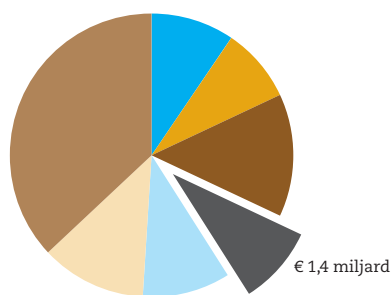
De gemeentelijke markt voor wegen en riolering had in 2015 een omvang van € 3½ miljard. Bij wegen ging het om € 2,1 miljard, bij riolering om € 1,4 miljard. De totale lengte van gemeentelijke wegen was in 2010 117.000 kilometer. Het gemeentelijk rioleringsnet omvat circa 100.000 kilometer infrastructuur en objecten als rioolgemalen en pompstations.

Gemeentelijke wegen



Marktvolume 2015

Riolering



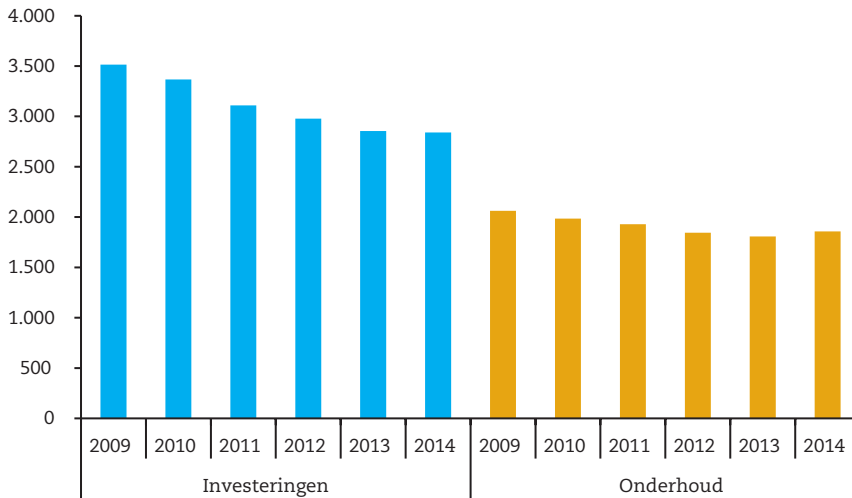
Marktvolume 2015

Gemeentelijke opgaven nemen tot 2030 toe

De gemeentelijke uitgaven aan infrastructuur zijn in de afgelopen crisisjaren sterk teruggelopen door bezuinigingen en door de stevige krimp in de woningbouw. Tussen 2010 en 2015 daalden de gemeentelijke investeringen met in totaal circa 20% en het onderhoud met 10% (figuur 3.9). Dit leidde onder meer tot verlaging van ambities met betrekking tot technische kwaliteit en uitstraling.

Door de toenemende welvaart zal in de komende periode juist weer extra kwaliteitsvraag ontstaan die gevolgen zal hebben voor het gemeentelijk infrastructuurbeheer. De totale opgave voor de gemeentelijke wegen en riolering voor de periode 2015-2030 bedraagt circa € 52 miljard.

Figuur 3.9 Investeringen en onderhoud infrastructuur door gemeenten, 2009-2014 (mln euro)



Bron: EIB

Komende jaren nog uitbreiding wegen- en rioleringsnet door sterke groei woningnieuwbouw

Het overgrote deel van de uitbreiding van gemeentelijke infrastructuur komt door de ontwikkeling van nieuwe woningbouwlocaties. In de komende jaren is daarom nog sprake van omvangrijke opgaven voor gemeentelijke wegen en riolering. De nieuwbouwvolumes voor de woningbouw komen na de sterke krimp gedurende de crisis op een hoger niveau. De uitbreiding zal vooral plaatsvinden in de regio's met grote woningbouwopgaven, deels in bestaand stedelijk gebied. De kosten voor de infrastructuur zijn hier doorgaans erg hoog, denk aan de complexere realisatie door sloop en herinrichting. Na 2020 zal deze uitbreidingsvraag vanuit de woningbouw vrij sterk afnemen.

Een andere factor voor de gemeentelijke investeringen is de mobiliteit. Hiervoor hebben we gezien dat de mobiliteit in de komende jaren verder zal groeien waardoor de behoefte aan uitbreiding van gemeentelijke wegen nog zal toenemen. Nieuwe aansluitingen tussen gemeentelijke en provinciale wegen zijn hiervoor van belang omdat de druk op het onderliggende wegennet de afgelopen jaren al sterk is toegenomen. Een belangrijk maatschappelijk aspect is dat het regionale wegennet relatief onveiliger is dan het hoofdwegennet. De focus zal bij het onderliggend wegennet daarom naast bereikbaarheid in belangrijke mate zijn gericht op sterke verbetering van de verkeersveiligheid.

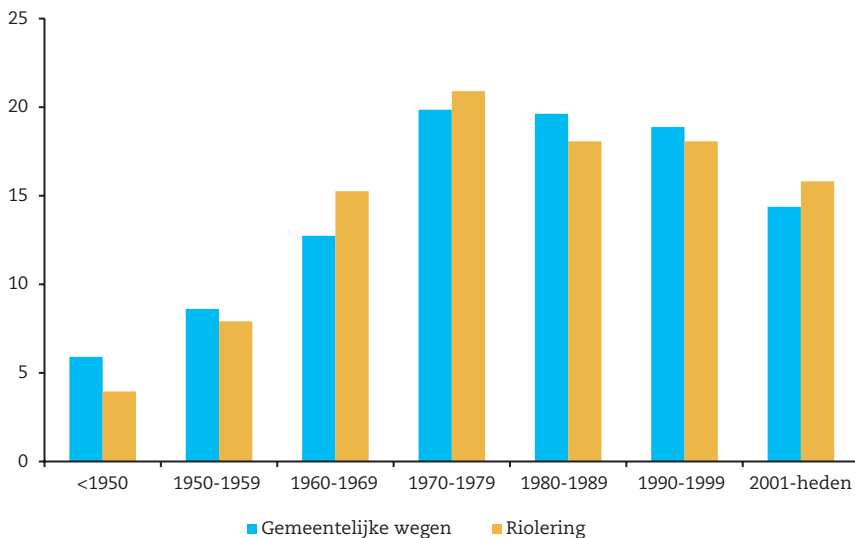
Ook in het rioleringsnetwerk zijn als gevolg van de woningnieuwbouw nog uitbreidingen te verwachten. Daarnaast bestaat een belangrijk deel van de rioleringsopgave uit reconstructie en vervanging van infrastructuur die voort-

vloeit uit nieuwe eisen vanwege klimaatverandering en milieuoverlast. De toenemende buienintensiteit die voor de komende jaren wordt verwacht, leidt tot een grotere piekbelasting van het rioleringsstelsel waarop de capaciteit van het netwerk nog niet is ingesteld. De aanpak van wateroverlast wordt hiermee een belangrijke opgave voor gemeenten in samenwerking met de waterschappen. Daarnaast wordt er vanuit duurzaamheidsperspectief gewerkt aan de realisatie van gescheiden rioolstelsels voor de afvoer van hemelwater en afvalwater. Aanpassingen aan het rioleringsnetwerk zijn ook nodig vanwege werkzaamheden aan andere infrastructuur, bijvoorbeeld wegconstructies.

Vervanging verouderde netwerken wordt belangrijker

In de gebouwde omgeving op gemeentelijk niveau komen er grote en complexe opgaven op het gebied van vervanging van de bestaande infrastructuur. Dit betreft vooral wegen en riolering, in combinatie met de stedelijke herstructurering in de sfeer van de woning- en utiliteitsbouw. De omvangrijke voorraad gemeentelijke infrastructuur is voor een groot deel in de jaren zeventig en tachtig van de vorige eeuw aangelegd (figuur 3.10). In de komende decennia zal deze infrastructuur geleidelijk moeten worden vervangen. De huidige mate van vervanging is volgens Rioned verhoudingsgewijs minder dan op basis van gemiddelde levensduren mag worden verwacht. Inventarisaties geven aan dat gezien de leeftijdsopbouw en bij gelijkblijvende levensduur de vervanging tussen 2020 en 2030 ruim een derde hoger zal moeten liggen dan het niveau in 2010. Tussen 2030 en 2040 zal de vervanging twee keer zo hoog moeten liggen als in 2010.

Figuur 3.10 Bouwjaarklassen gemeentelijke wegen en riolering (% van voorraad 2010)



Bron: CBS, Rioned, analyse EIB

Meer kwaliteit gevraagd bij beheer openbare ruimte

Door bezuinigingen op beheer en onderhoud is de kwaliteit van de gemeentelijke openbare ruimte in de afgelopen jaren afgenomen. De sterkste krimp is opgetreden bij openbaar groen (tot 25% minder uitgaven), bij wegenonderhoud gaat het om dalingen gedurende de crisisjaren van in totaal naar schatting 15%. De kwaliteit van de gemeentelijke infrastructuur heeft te lijden gehad van deze bezuinigingen. Inspecties van de kwaliteit van de gemeentelijke infrastructuur laten een toenemend schadebeeld zien. Het aandeel van infrastructuur met een slechte kwaliteit, die met urgentie zou moeten worden aangepakt, is hoger dan bij optimaal beheer past. Een eerste verkenning van gemeentelijke beheerplannen laat daarnaast zien dat er in de komende jaren weinig ruimte is voor tegenvallers¹⁴. Deze kunnen liggen in fysieke factoren, zoals de aanwezigheid van teerhoudend asfalt of asbest. Daarnaast kunnen de aanneemsommen de komende jaren weer op een hoger niveau komen te liggen dan gedurende de crisisjaren.

Bij voortgaande economische groei zullen de wensen en eisen vanuit gebruikers ten aanzien van de kwaliteit van de gebouwde omgeving verder toenemen. Denk hierbij aan leefbaarheid, bereikbaarheid, uitstraling en sociale veiligheid. Dit betekent dat na de sterke bezuinigingen, die ook in de komende jaren nog zullen doorwerken, de gemeentelijke uitgaven aan beheer en onderhoud weer zullen moeten toenemen. De gemeentelijke budgetten vanuit het Gemeentefonds nemen echter geleidelijk af, evenals de specifieke uitkeringen. Hier tekent zich naar verwachting een spanningsveld af tussen opgaven en middelen.

Kwaliteit gemeentelijke infrastructuur

Bij beheer en onderhoud van de openbare ruimte werken gemeenten met meerjarige beheerplannen. In deze plannen wordt aangegeven hoe de openbare ruimte fysiek is opgebouwd naar typen voorzieningen (ontsluitingswegen, rondwegen, woonerven, bedrijventerreinen enz.) en welk onderhoudsniveau door de gemeente wordt geambieerd, bijv. 'excellent', 'goed', 'sober'. Gedurende de crisis zijn de ambities met betrekking tot de onderhoudskwaliteit verlaagd en verder gedifferentieerd.

Wanneer gemeenten met het onderhoud zouden terugkeren naar de kwaliteitsambities van voor de crisis, leidt dit tot een grotere budgetbehoefte. Wanneer in de toekomst de individuele en maatschappelijke wensen en eisen ten aanzien van de kwaliteit verder zouden stijgen (bijvoorbeeld door een hogere welvaart of door toenemende eisen in verband met risicoaansprakelijkheid), betekent dit een verdere toename van de opgaven.

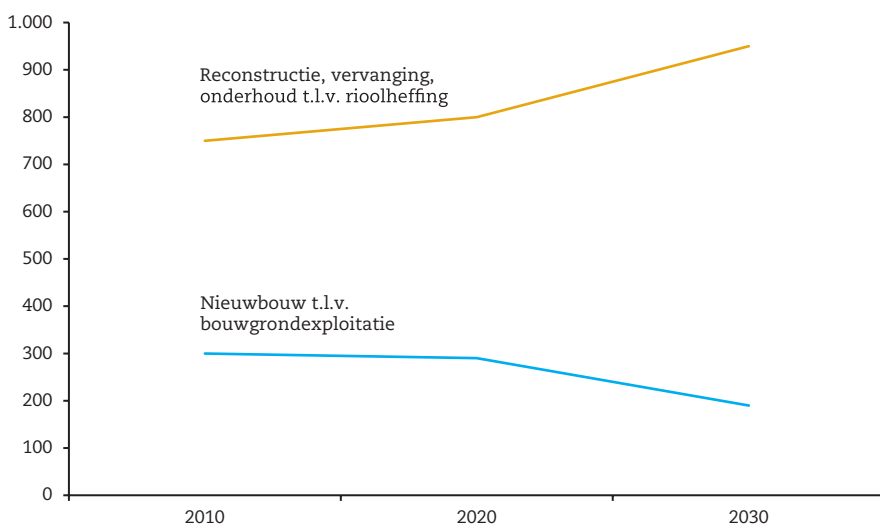
Gericht nader onderzoek naar de gemeentelijke infrastructuur kan inzicht geven in de actuele en de toekomstige kwaliteit van de verschillende netwerken. Daarbij kunnen de gevolgen van mogelijk oplopend achterstallig onderhoud verder worden gekwantificeerd.

14 Bron: Gemeentelijke beheerplannen voor de openbare ruimte.

Financiering rioolbeheer: opgave ten laste van rioolheffing stijgt sterk

Voor het rioleringsbeheer staan de gemeenten specifieke inkomsten ter beschikking in de vorm van rioolheffingen. In de afgelopen jaren is deze heffing vrijwel kostendekkend geworden en kunnen gemeenten daardoor uit de gemeentelijke rioleringsfondsen de huidige opgaven op het gebied van beheer bekostigen. Door deze wijze van financieren kent het rioleringsstelsel momenteel een goede kwaliteit met zeer weinig storingen¹⁵. Evenals bij de gemeentelijke wegen is bij de riolering in de komende tijd sprake van een verschuiving van de opgave van nieuwbouw naar vervanging en onderhoud. Dit betekent dat een groter deel van de toekomstige rioleringsactiviteiten uit de rioolheffing moet worden betaald. De totale opgaven ten laste van de rioolheffing stijgen sterk tussen 2020 en 2030 (figuur 3.11). De vervangingskosten van een fors deel van het huidige rioolstelsel zijn volgens de Stichting Rioned echter nog niet in de huidige rioolheffing opgenomen. Om de toekomstige kwaliteit te kunnen garanderen, zijn daarom aanvullende financiële middelen nodig.

Figuur 3.11 Rioleringsopgave gemeenten ten laste van rioolheffing, 2010-2030 (mln euro)



Bron: EIB

Regionaal doen zich hierbij relatief grote verschillen voor (tabel 3.3). Landelijk stijgt de opgave ten laste van de rioolheffing tussen 2020 en 2030 met circa 2% per jaar. In Randstad Noord en Randstad Zuid ligt dit boven 2½% gemiddeld per jaar in het volgende decennium. Dit sluit aan bij periodieke inventarisaties van het netwerk waarin wordt vastgesteld dat de kosten van het rioleringsbeheer

15 Stichting Rioned (2013). Riolering in beeld; benchmark rioleringszorg 2013. Ede.

(per kilometer netwerk) in de meest verstedelijkte gebieden, bij de stelsels met de hoogste levensduur en in gebieden met een slechte bodemgesteldheid veel hoger zijn dan gemiddeld over het hele netwerk. Netwerken met deze kenmerken komen vooral voor in het westen van het land.

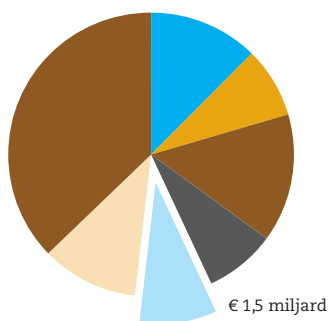
Tabel 3.3 **Ontwikkeling van de rioleringsopgave ten laste van rioolheffing per regio, 2020-2030**

	Gemiddelde groei per jaar (%)
Noord	1,4
Oost	1,7
Randstad Noord	2,6
Randstad Zuid	2,7
Zuid	1,6
Totaal	2,0

Bron: EIB

3.6 Water

Marktvolume 2015



In 2015 bedroeg de totale productie op het gebied van water circa € 1,5 miljard. Dit omvat investeringen en onderhoud op het gebied van waterveiligheid en waterbeheersing op nationaal en regionaal niveau, zowel in opdracht van Rijkswaterstaat als de waterschappen. In de afgelopen jaren heeft deze markt geprofiteerd van de uitvoering van grote programma's als Ruimte voor de Rivier en het Tweede Hoogwaterbeschermingsprogramma.

Waterbouw belangrijke groeiemarkt

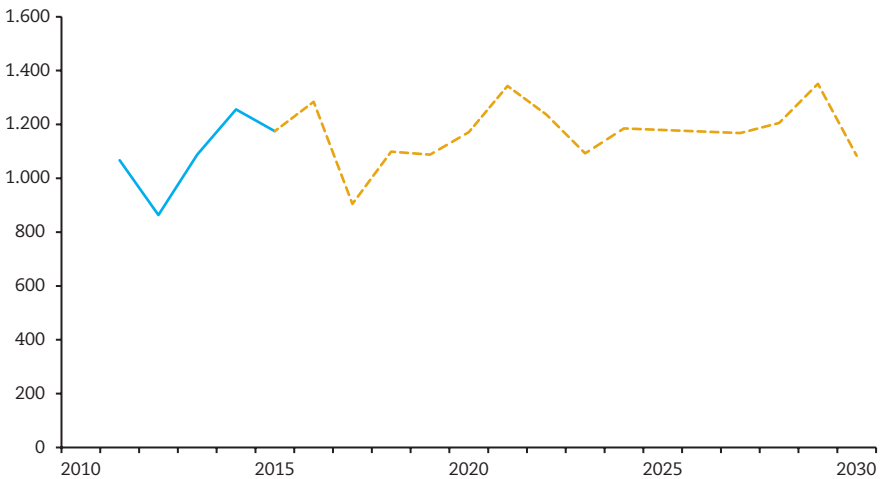
Binnen de infrastructuurmarkt is de waterbouw voor de komende decennia een belangrijke groeiemarkt. Onder invloed van klimaatveranderingen en economische ontwikkelingen nemen de opgaven de komende decennia toe, niet alleen tot 2030 maar ook in de jaren daarna. De Deltacommissie heeft

geïnterpreteerd welke investeringen nodig zijn in de komende decennia, uitgaande van de verschillende klimaatscenario's. De belangrijkste intensiveringen zijn volgens de Commissie nodig in de periode tot 2050. Er is bij deze opgaven vanuit gegaan dat de aanpassing van het watersysteem aan klimaatverandering geleidelijk zal gaan en er nog geen systeemspongen in de infrastructuur nodig zijn. De groeiende uitgaven aan waterveiligheid in de komende decennia betreffen zowel de investeringen als het onderhoud.

Deltafonds: stabiel budget legt hoge druk op doelstellingen

Een belangrijk deel van de opgaven wordt gefinancierd uit het Deltafonds. In de komende paar jaar neemt de omvang van dit fonds vooralsnog af. Achtergrond hiervan is niet alleen de afronding van projecten in de hiervoor genoemde programma's, maar ook de doelstelling om de toekomstige waterveiligheidsopgaven soberder en doelmatiger uit te gaan voeren. Op de lange termijn liggen de budgetten vanuit het Deltafonds op bijna € 1,2 miljard per jaar, dat is slechts iets hoger dan gemiddeld in de periode 2016-2020 (figuur 3.12). Dit betekent dat er grote uitdagingen liggen om de toekomstige projecten volgens planning te realiseren.

Figuur 3.12 Waterbudget Deltafonds, 2011-2030 (mln euro)



Bron: Begrotingen Deltafonds, bewerking EIB

De waterbouwopgave bestaat voor een belangrijk deel uit maatregelen op het gebied van waterveiligheid. In de afgelopen jaren is in het waterbeheer steeds meer gewerkt met overstromingsrisico's die daarbij regionaal waren gedifferentieerd, rekening houdend met de belangen van de gebouwde omgeving. De noodzaak voor investeringen in bescherming van de gebouwde omgeving tegen de gevolgen van de klimaatverandering kent een sterke economische ratio. Prioritering is dan ook steeds meer gekoppeld aan economische waarden

(vastgoed). Daarnaast wordt in het waterbeheer gekeken naar mogelijkheden om ook andere doelstellingen, bijvoorbeeld op het gebied van natuur, milieu en toerisme, mee te nemen.

Noodzaak integrale aanpak neemt sterk toe

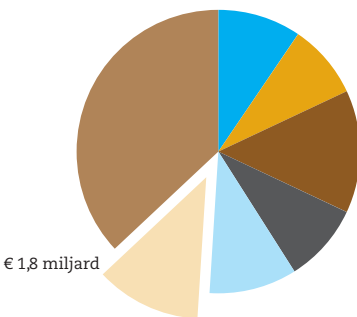
Bescherming tegen wateroverlast is niet nieuw. Meer dan in het verleden zal bij de maatregelen in de komende jaren echter moeten worden gewerkt met een integrale aanpak. Integrale oplossingen, zoals bij de programma's Ruimte voor de Rivier en het Hoogwaterbeschermingsprogramma, zijn noodzakelijk om binnen de ruimtelijke en financiële randvoorwaarden de doelstellingen rond waterbeheersing te kunnen bereiken. Hierbij spelen ook de grote opgaven op het gebied van de woningbouw een rol. Bij het koppelen van waterveiligheid aan andere ruimtelijke opgaven kunnen ook marktpartijen een rol spelen, waarbij wordt ingespeeld op de toenemende kwaliteitsvraag, bijvoorbeeld met de ontwikkeling van interessante woningbouwlocaties aan het water.

Bij het thema wateroverlast speelt ook de hogere neerslagintensiteit een rol. Dit vraagt om hogere investeringen in regionale watersystemen door gemeenten en waterschappen. Deze opgaven zullen gezamenlijk met de gemeentelijke rioleringsproblematiek moeten worden aangepakt.

Integraliteit heeft ook betrekking op toenemende samenwerking, binnen Nederland tussen Rijk, waterschappen en gemeenten op regionaal niveau. Daarnaast zal de waterproblematiek ook internationaal langs de lijnen van de verschillende stroomgebieden moeten worden aangepakt. Voor de Nederlandse situatie betekent dit dat vooral met Duitsland (Rijn) en België (Maas en Schelde) wordt samengewerkt om de hoogwaterproblematiek aan te pakken.

3.7 Ondergrondse infrastructuur

Marktvolume 2015



De markt voor ondergrondse infrastructuur had in 2015 een omvang van circa € 1,8 miljard. Deze markt omvat investeringen en onderhoud op het gebied van energie, water en data/telecom. Anders dan op de andere deelmarkten spelen bedrijven hier een belangrijke rol als opdrachtgever, met name de netbeheerders, de waterleidingbedrijven en de telecombedrijven.

De markt voor ondergrondse infrastructuur blijft groeien tot 2030

In de komende jaren is sprake van een toenemende opgave voor de ondergrondse infrastructuur. Deze markt is de crisis redelijk goed doorgekomen en

voor de toekomst wordt een verdere toename van investeringen en onderhoud voorzien. In de eerstkomende jaren worden de opgaven sterk positief beïnvloed door de stevige groei van de woningbouw. Hierdoor zal een groot aantal woningen moeten worden aangesloten op de ondergrondse netwerken. Van de totale opgaven voor ondergrondse netwerken heeft naar schatting 40 à 45% betrekking op elektra/gas/warmte. Dit betreft zowel infrastructuur voor transport als distributie en huisaansluitingen. De andere uitgaven hebben betrekking op data/telecom, verkeerstechniek, openbare verlichting en investeringen in de industrie. Voor de opgaven spelen ook internationale ontwikkelingen een grote rol. Beheerders van de nationale infrastructuur voor gas en elektriciteit, Gasunie en Tennet, investeren hiervoor in extra capaciteit.

Energietransitie heeft grote invloed op benodigde investeringen

Naast de groei van de woningbouw worden de opgaven in sterke mate beïnvloed door de dynamiek op de energiemarkt en het streven naar duurzaamheid. In de eerste plaats betekent de sterke toename van het elektriciteitsverbruik in de komende decennia dat de bestaande netwerken voor elektriciteit zullen moeten worden verzwakt. De toename van het verbruik ligt onder meer in de sterke groei van het aantal elektrische toepassingen. Ook de opkomst van de elektrische auto speelt hierbij een rol. De ontwikkeling van smart grids stelt hierbij nieuwe eisen aan de netwerkopbouw. In de tweede plaats is in de komende jaren sprake van een afname van het huishoudelijk gasverbruik. Netwerkbeheerders staan voor noodzakelijke vervangingen in de bestaande gasinfrastructuur en zullen het netbeheer in moeten passen in het transitiepad van de energievoorziening. Ook bij de aanleg van nieuwe woonwijken zal moeten worden gezien of gasaansluitingen nog nodig zijn.

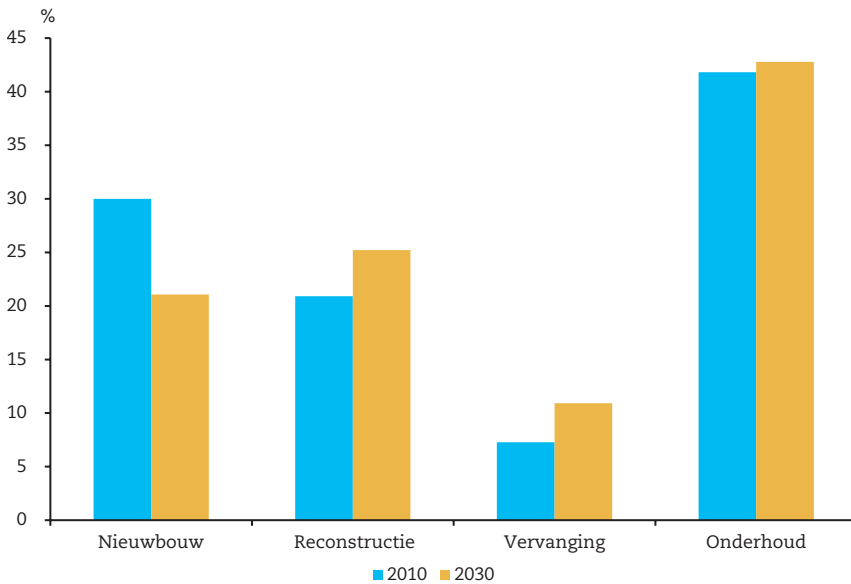
Sterke verschuiving van nieuwbouw naar reconstructie

De opgave bij de ondergrondse infrastructuur laat op termijn een sterke verschuiving zien (figuur 3.13). Aanvankelijk heeft nieuwbouw nog een belangrijk aandeel, na 2020 zal dit echter afnemen. In 2030 heeft 20% van de opgaven betrekking op nieuwbouw tegen 30% in 2010. Het aandeel van reconstructie (inclusief verzwaring) neemt in die periode toe van 20% in 2010 naar 25% in 2030. Vervanging wordt geleidelijk aan belangrijker, afhankelijk van de mate waarin het gasverbruik verder zal afnemen. Het onderhoud is tamelijk stabiel in aandeel.

Uitdagingen ondergrondse infrastructuur afstemmen met gemeenten

Evenals bij de gemeentelijke infrastructuur als wegen en riolering is bij de ondergrondse energie- en waternetwerken sprake van een toenemende mate van veroudering. Een deel van de naoorlogse netwerken is daardoor aan vervanging toe. De netbeheerders maken momenteel een begin met de vervanging die in intensiteit zal oplopen in de komende decennia. Gezien de grote en deels onzekere veranderingen in het energieverbruik zal de vervangingsopgave flexibel moeten worden ingevuld. Vooral in binnensteden is bij de vervanging, maar ook bij noodzakelijke reconstructies, sprake van complexe opgaven met potentieel grote maatschappelijke hinder. Gezien de vervangingsopgaven bij de gemeentelijke infrastructuur ligt afstemming met de ondergrondse netwerken voor de hand.

Figuur 3.13 Samenstelling opgave ondergrondse infrastructuur naar aard, 2010-2030



Bron: EIB

3.8 Confrontatie van opgaven en middelen

In de vorige paragrafen zijn we voor de verschillende deelmarkten ingegaan op de ontwikkelingen die op ons afkomen en de gevolgen daarvan voor de investeringsopgaven. Deze totale opgaven voor alle deelmarkten gezamenlijk liggen voor de periode 2015-2030 op € 245 miljard, uitgaande van een economische groei van gemiddeld 2% per jaar. Dit betreft zowel nieuwbouw als reconstructie, vervanging en onderhoud. De uitsplitsing naar deelmarkten is hierna nog een keer weergegeven (tabel 3.4). Om inzicht te geven in de mate waarin deze opgaven kunnen worden gerealiseerd, confronteren we deze voor de periode 2015-2030 met de beschikbare budgetten in het Infrastructuurfonds. We doen dit voor rijkswegen en spoorwegen omdat deze voor het overgrote deel uit het Infrastructuurfonds worden bekostigd, in tegenstelling tot de andere deelmarkten.

De opgaven kennen een aantal onzekerheden die onder meer liggen in het tempo van economische groei. Vooral de nieuwbouw van infrastructuur is hiervan afhankelijk omdat de economische groei van belang is voor de mobiliteit. Ook reconstructie kent een belangrijke link met de economische activiteiten. Vervangingsopgaven worden vooral bepaald door de historische bouwjaar-classes en de actuele kwaliteit.

Tabel 3.4 Investeringsopgaven per deelmarkt, 2015-2030 (mld euro)

	Nieuw- bouw	Recon- structie	Ver- vang- ing	Onder- houd	Totaal
Rijkswegen	6	6	3	12	27
Spoorwegen	4	5	2	7	18
Gemeentelijke wegen en riolering	11	12	8	21	52
Water	5	5	2	8	20
Ondergrondse infra	8	6	2	11	27
Overig publiek	15	10	3	17	45
Overig privaat	19	12	4	20	55
Totaal	68	56	24	96	244

Bron: EIB

Een factor van belang voor de toekomstige opgaven is dat deze geconcentreerd zullen zijn in de drukke Randstad en in en rond de sterke steden elders. Het aantal vervoersbewegingen binnen de steden zal in de komende tijd blijven toenemen. Dit geeft een grote druk op het stedelijk verkeers- en vervoerssysteem waardoor extra voorzieningen rond parkeren en het openbaar vervoer nodig zullen zijn. De toegang tot de steden kan daarbij een knelpunt gaan vormen. Vooral de samenhang van de verschillende netwerken op regionaal en lokaal niveau is een belangrijke opgave. De omvangrijke opgaven kennen hierdoor een grote mate van complexiteit, niet alleen vanwege de fysieke inpassingsproblemen, maar ook vanwege de maatschappelijke effecten als hinder voor verkeer en omgeving. Daarnaast zal ook sprake zijn van een grote bestuurlijke complexiteit door de noodzakelijke samenwerking van Rijk, provincies, gemeenten en maatschappelijke stakeholders.

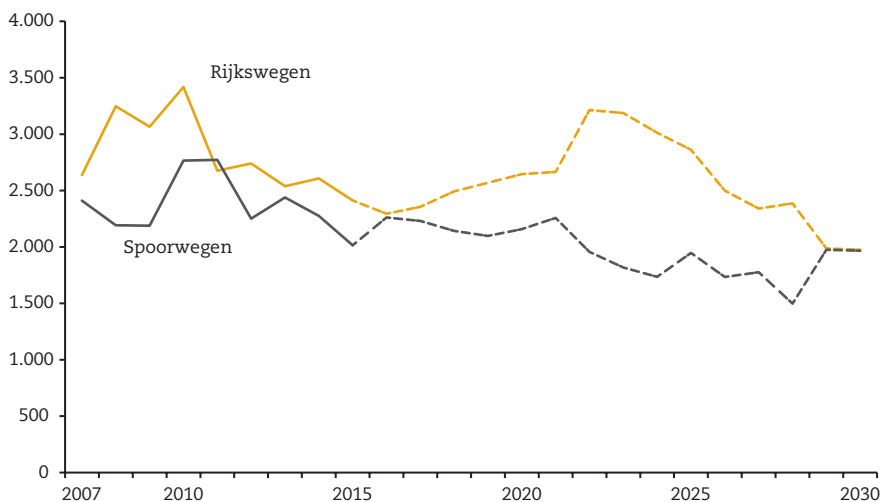
Om een beeld te krijgen van de mate waarin de opgaven zijn gedekt in de huidige meerjarencijfers, confronteren we de opgaven voor rijkswegen en spoorwegen met de budgetten uit het Infrastructuurfonds. Bij de veronderstelde economische groei is de opgave voor rijkswegen € 27 miljard voor de periode 2015-2030, bij spoorwegen is dit € 18 miljard. Figuur 3.14 geeft de ontwikkeling van de budgetten voor de periode 2007-2030¹⁶. Tabel 3.5 geeft een vergelijking van opgaven en budgetten voor een aantal steekjaren in de periode 2015-2030.

Uit de vergelijking komt naar voren dat voor rijkswegen tot 2030 gemiddeld ruim € 200 miljoen per jaar te weinig budget beschikbaar is. Cumulatief over de gehele periode 2015-2030 is het tekort voor rijkswegen ruim € 3 miljard. In de

¹⁶ De cijfers tot en met 2015 zijn realisaties, de cijfers vanaf 2016 zijn begrotingen.

eerste jaren nemen de budgetten weliswaar sterk toe, maar hebben deze vooral betrekking op de realisatie van enkele grote, complexe projecten zoals de Blankenburgtunnel en omvangrijke nieuwbouw- en reconstructieprojecten bij Utrecht en Rotterdam. De kosten van dit type projecten is doorgaans zeer hoog. Voor de korte termijn ligt daarnaast een aandachtspunt bij de budgetten voor beheer en onderhoud. De opgaven op dit terrein nemen de komende jaren toe onder invloed van veroudering en toenemende mobiliteit, terwijl de budgetten achterblijven. Aan het einde van de periode (2025-2030) ontstaan mogelijk nieuwe knelpunten omdat de opgaven in die periode boven de budgetten liggen. Bij het spoor gelden vergelijkbare overwegingen en is er eveneens sprake van een tekort aan financiële middelen voor de periode 2015-2030. Bij het spoor gaat het om gemiddeld ruim € 350 miljoen per jaar. Cumulatief over de gehele periode 2015-2030 is het tekort hier ongeveer € 5½ miljard. Ook voor waterprojecten (hier niet afzonderlijk weergegeven) geldt dat de middelen die beschikbaar zijn vanuit het Deltafonds nog niet overeen komen met de ambities op deze dossiers.

Figuur 3.14 Budgetten voor rijkswegen en spoorwegen, 2007-2030
(mln euro, prijspeil 2016)



Bron: Infrastructuurfonds, analyse EIB

Bij deze vergelijking moet worden bedacht dat de opgaven in termen van gww-productie niet hetzelfde zijn als de bedragen in het Infrastructuurfonds. Deze laatste liggen in het algemeen veel hoger en omvatten alle uitgaven die nodig zijn om de geplande projecten te realiseren. Naast de uitbesteding aan de gww behoren hiertoe bijvoorbeeld ook: grondaankopen voor nieuwe infrastructuur, kosten van voorbereiding en beheer door eigen personeel van Rijkswaterstaat en uitbesteding van werkzaamheden buiten de gww (bijvoorbeeld aan ingenieursbureaus en installatiebedrijven). De vertaling van de

Tabel 3.5 Opgaven en budgetten rijkswegen en spoorwegen, 2015-2030 (mln euro)

	2015	2020	2025	2030	Gemiddeld per jaar	Cumulatief 2015-2030
Rijkswegen						
Investeringsopgave						
- Infrastructuurfonds	2.253	2.968	3.179	3.216	3.002	
Beschikbaar						
- Infrastructuurfonds	2.253	3.148	2.652	2.620	2.787	
Saldo	0	180	-527	-596	-215	- 3.225
Spoorwegen						
Investeringsopgave						
- Infrastructuurfonds	2.260	2.104	2.397	2.379	2.276	
Beschikbaar						
- Infrastructuurfonds	2.278	1.786	1.957	1.688	1.908	
Saldo	18	-318	-440	-691	-368	-5.520

Bron: Begroting Infrastructuurfonds/MIRT, analyse EIB

gww-productiebedragen naar het Infrastructuurfonds is gebaseerd op historische verhoudingen. Een andere factor is dat de opgaven voor de rijkswegen in de komende decennia relatief meer betrekking zullen hebben op reconstructie van knooppunten en ook relatief meer gesitueerd zijn in de Randstad. De complexiteit van projecten neemt hierdoor in verschillende opzichten toe. In bestaande bebouwde gebieden zijn meer inpassingsmaatregelen nodig en zijn de kosten van procedures waarschijnlijk hoger. Bij de toekomstige complexe projecten kunnen zich bovendien bijzondere kostenposten voordoen. Ook is meer aandacht nodig voor beperking van de hinder tijdens bouwwerkzaamheden. Hierdoor zullen de kosten van infrastructuur toenemen.

Voorts moet er rekening worden gehouden met de toekomstige kostenontwikkeling in de sector. De afgelopen jaren zijn regelmatig aanbestedingswinsten geboekt waarbij de aanneemsommen (veel) lager uitvielen dan de directieraamingen. Dit ging gepaard met lage marges bij de bedrijven. Verwacht mag worden dat de prijscomponent in de komende jaren weer belangrijker zal worden en de aanneemsommen onder invloed van de bouwconjunctuur weer zullen toenemen. Tegenvallers op grote, complexe projecten kunnen dan ook invloed hebben op de beschikbare middelen voor andere projecten. De infrastructuuropgaven zoals die in dit rapport zijn weergegeven, betreffen vooral een fysieke doorvertaling van de behoefte aan investeringen en onderhoud. Kwaliteitsverbeteringen zijn impliciet meegenomen vanuit de productiviteitswinsten in de sector.

Gevolgen voor beleid

De confrontatie van opgaven en budgetten hiervoor betreft een generieke benadering. Om de toekomstige budgetbehoefte goed in beeld te brengen, is daarom een robuuste analyse noodzakelijk van de mobiliteitsontwikkelingen op regionaal niveau en de consequenties hiervan voor de realisatie van individuele projecten, inclusief de kosten en de risico's. Bijzondere omstandigheden rond de projecten komen daarmee goed in beeld. Niettemin biedt de confrontatie van opgaven en budgetten wel enige orde van grootte wat betreft de mate van dekking. Belangrijk is dat, bij de huidige begroting en de intensivering die hierin is voorzien voor de rijkswegen, de filedruk de komende jaren nog zal toenemen. Dit vraagt om slimme, mogelijk kleinschalige oplossingen om deze congestie te verminderen. De opgaven zijn in geval van hoge economische groei niet geheel gedekt in de huidige meerjarenbegrotingen van het Rijk. Een vervolgvraag is wat dit betekent voor het investeringsbeleid van het Rijk en onder welke condities wel of niet moet worden geïnvesteerd. In hoofdstuk 2 is al ingegaan op de analyse van de planbureaus. Deze heeft vooral betrekking op uitbreidingsplannen en rentabiliteitsberekeningen op projectniveau. In het EIB-onderzoek kijken we breder en beschouwen we ook reconstructie-, vervangings- en onderhoudsopgaven voor de infrastructuur. Eventueel ander beleid om de congestie aan te pakken, zoals beprijzing of betere benutting, valt echter buiten het bestek van dit onderzoek.

4 Nieuwe ontwikkelingen

4.1 Inleiding

In de komende jaren komt er een grote opgave op de infrastructuursector af. Deze opgave betreft voor een groot deel de klassieke infrastructuur zoals we die nu kennen. De ontwikkelingen op het gebied van mobiliteit, en de daarmee gepaarde gaande gevolgen voor de infrastructuur, gaan echter snel. In dit hoofdstuk gaan we in op een aantal nieuwe ontwikkelingen die nu in het beginstadium zijn en die potentieel grote gevolgen hebben voor de infrastructuur. Dit betreft:

- de verdere ontwikkeling van zelfsturende voertuigen, zowel voor personenverkeer als voor goederenverkeer, en zowel voor individueel vervoer als voor openbaar vervoer
- de verdere opmars van de elektrische auto in het personenvervoer
- de ontwikkeling van smart grids in de energievoorziening

Deze ontwikkelingen kennen een grote mate van onzekerheid. Gezien de mogelijke impact zal hiermee in het beleid nu al rekening moeten worden gehouden.

4.2 Zelfrijdende voertuigen

Zelfrijdend vervoer: ontwikkelingen gaan snel

De opkomst van zelfrijdende voertuigen is een ontwikkeling die belangrijke maatschappelijke implicaties kan hebben. Al langere tijd zijn vormen van autonoom vervoer in gebruik, onder meer in het openbaar vervoer zoals onbemande metro's in Barcelona, Lille en Kopenhagen en de parkshuttle in Capelle aan den IJssel. Een voorbeeld in het goederenvervoer zijn de autonoom opererende voertuigen in de Rotterdamse containerhavens. Bij al deze vormen is sprake van geleiding via elektronische sporen in het wegdek of via rails met aansturing door centrale computers.

De ontwikkeling van (semi-)zelfrijdende auto's is een volgende stap in autonome mobiliteit. Hierbij kan worden onderscheiden tussen de (coöperatieve) zelfsturende auto en de zelfrijdende robotauto (tabel 4.1)¹⁷. De (coöperatieve) zelfsturende auto is een auto zoals we deze in de huidige vorm kennen, waarbij meerdere systemen (adaptive cruise control, lane-keep assist, dode hoek systemen) ervoor kunnen zorgen dat de auto voor een langere periode autonoom een bepaalde baan of weg kan volgen. Deze systemen werken het best op autosnelwegen.

Een veel verder gaande toepassing is de volledig zelfrijdende robotauto. Met software en camera's kan de auto zelf bepalen waar deze zich bevindt en hoeft

17 Timmer & Kool, 2016.

de bestuurder tussen vertrek en aankomst niet in te grijpen. In beide gevallen kunnen voertuigen ook onderling communiceren waardoor deze op korte afstand achter elkaar kunnen rijden (platooning).

Tabel 4.1 Kenmerken van zelfsturende en zelfrijdende auto's

(Coöperatieve) zelfsturende auto	Zelfrijdende robotauto
<ul style="list-style-type: none"> • Bestaande auto's en systemen met nieuwe functionaliteit • Kan een bepaalde weg volgen, vaak met verandering van rijstrook • Er blijft een bestuurder nodig • Minder geschikt op kleinere wegen • Technieken ook geschikt en beschikbaar voor vrachtwagens (platooning) 	<ul style="list-style-type: none"> • In beginnende testfase • Kan volledig autonoom een reis voltooien • Inzittende is altijd passagier • Beperkt aantal ontwikkelaars • Voorlopig alleen personenauto's of op afgesloten terrein

Bron: Rathenau Instituut, EIB

De technieken in de zelfsturende auto zijn ver in ontwikkeling en bij verschillende autoproducenten beschikbaar. Hoewel nog beperkt toegepast, kunnen bepaalde type auto's nu al een rijstrook volgen en automatisch afstand houden. Een volgende stap is om de auto's met elkaar en met verkeersmanagement-systemen te verbinden. Een belangrijk verschil met de hiervoor genoemde bestaande systemen is dat door de snelle technologische ontwikkelingen de aansturingstechniek vooral in de voertuigen zelf zit en niet in de infrastructuur. Ook heeft grootschalige toepassing van zelfrijdende voertuigen gevolgen voor de capaciteit van de wegen omdat veel efficiënter van de wegen gebruik kan worden gemaakt. Daarmee is er in potentie een grote impact op de infrastructuur.

What if-analyse: snel toenemend marktaandeel zelfsturende voertuigen

De verwachtingen rond de snelheid waarmee zelfsturende voertuigen marktaandeel zullen winnen, lopen sterk uiteen. Onderzoek- en adviesbureaus verwachten tot 2040 nog nauwelijks marktaandeel, betrokken partijen als Tesla en Google voorzien op de korte termijn al een snelle verspreiding¹⁸. De snelheid van implementatie zal hierbij niet zo zeer afhangen van de technische ontwikkelingen. Mogelijke beperkingen zitten vooral in de juridische en ethische vraagstukken, de regelgeving en de maatschappelijke acceptatie.

De ontwikkeling naar zelfsturende voertuigen is dit jaar in Nederland in een stroomversnelling gekomen door praktijkproeven met zowel personenauto's

¹⁸ Noort, 2016.

(A2) als vrachtauto's (vanuit het buitenland naar Nederland). Om de mogelijke effecten van zelfsturende voertuigen in beeld te brengen, hebben we een 'what if'-analyse uitgevoerd. Daarbij hebben we een mogelijk introductieverloop van de zelfsturende auto bepaald¹⁹. Hierbij hebben we onder meer gekeken naar diffusiepatronen van verschillende technologieën (zie kader). Zelfsturende voertuigen hebben specifieke kenmerken en maatschappelijke implicaties waardoor vergelijking met andere technieken wellicht lastig is. Aan de andere kant zijn er, vooral in recente decennia, voorbeelden van snelle marktintroductie tot een marktaandeel van 90% in een tijdsbestek van 15 jaar. In het 'what if'-scenario gaan we ervan uit dat de marktpenetratie relatief snel zal gaan, waardoor in 2030 40% van het wagenpark zelfsturend is en in 2040 90%. We gaan er hierbij vanuit dat de overheid de ontwikkeling naar zelfrijdende voertuigen zal ondersteunen, maar niet zal verplichten. Verder veronderstellen we dat de wetgeving de zelfsturende auto de ruimte geeft om in de autonome modus te rijden waardoor de bestuurder zijn handen vrij heeft. Tabel 4.2 geeft dit scenario weer²⁰. Hierna zetten we de maatschappelijke effecten hiervan in de komende decennia af tegen een basisscenario van de planbureaus waarin de zelfrijdende auto in de komende decennia nog geen relevant marktaandeel zal krijgen²¹.

Acceptatie en diffusie van technologie

De succesvolle implementatie van nieuwe technologie hangt af van een aantal factoren:

- De karakteristieken van de nieuwe technologie (bruikbaarheid, betrouwbaarheid, eenvoud)
- De aanwezigheid van wet- en regelgeving ten aanzien van het gebruik van de technologie, zoals aansprakelijkheid
- Concurrerend kostenniveau in vergelijking met bestaande technologieën

De technologie voor zelfsturende auto's is al voorhanden, en de kosten zijn ook niet prohibitief hoog. Verschillende overheden, verzekeringsorganisaties en fabrikanten nemen de eerste stappen om de juridische aspecten te benoemen en vast te leggen.

De acceptatie van nieuwe technologie, het laatste belangrijke aspect, is beschreven in modellen als het 'Technology Acceptance Model'²², TAM²³ en de 'Unified theory of acceptance and use of technology'²⁴. Acceptatie van een nieuwe technologie hangt volgens deze modellen af van de door het individu waargenomen bruikbaarheid en gebruikersgemak van een nieuwe technologie. Hoe meer personen verwachten dat een technologie voor hen persoonlijk bruikbaar is, en gemakkelijk in gebruik, hoe sneller de technologie geaccepteerd wordt.

19 Het gaat hier uitsluitend om de coöperatieve zelfsturende auto, de ontwikkelingen bij de robotauto kennen een nog veel grotere onzekerheid.

20 Uitgangssituatie en eerstkomende jaren zijn conform verwachtingen van verzekeraar Aon (betrokken bij de A2-proef) en de Vereniging RAI.

21 CPB/PBL, 2015.

22 Davis, 1989.

23 Venkatesh & Davis, 2000.

24 Venkatesh, Morris, Davis, & Davis, 2003.

Andere bepalende factoren voor de acceptatie van nieuwe technologie zijn (afhankelijk van het model) geslacht, leeftijd en compatibiliteit van de technologie. Risico bij gebruik van de nieuwe technologie kan ook een factor zijn in het bepalen van de beoogde bruikbaarheid voor iedere gebruiker. Hoe hoger de risico's door een persoon gewaardeerd worden, hoe minder de bereidheid is om een technologie te accepteren.

Omdat de acceptatie van nieuwe technologie per persoon anders zal zijn, zal de invoering van nieuwe technologie hierdoor over het algemeen langzamer gaan dan technisch mogelijk is. De acceptatie zal waarschijnlijk een bel-curve hebben, waarbij mensen die de nieuwe technologie zeer snel accepteren (innovators) aan het begin van deze curve zitten en mensen die nieuwe technologie minder snel accepteren (achterblijvers) aan de andere kant. Deze 'adoptiecyclus van technologie'²⁵ is beschreven door Everett Rogers.

Uit de literatuur blijkt dat de verspreiding van technologie vandaag de dag veel sneller verloopt dan vroeger²⁶. Waar de huistelefoon er bijna een halve eeuw over heeft gedaan om 50% adoptie in de VS te behalen, heeft de mobiele telefoon hier minder dan tien jaar voor nodig gehad. Ook de autobranche versnelt: ontwerp-cycli zijn nu twee à drie jaar, terwijl deze vijf jaar geleden nog vijf jaar bedroegen. Nieuwe technologie kan dus sneller in modellen worden ingebouwd. Dit zorgt ervoor dat technologieën die zelfsturen bevorderen, snel hun intrede zouden kunnen vinden.

Tabel 4.2 Penetratiegraad zelfsturende auto's

	2015	2016	2017	2020	2030	2040
% wagenpark met zelfrijssystemen	3	3	4	6	40	90
% nieuw verkochte auto's met zelfrijssystemen	3	4	6	16	100	100
Aantal auto's met zelfrijssystemen (x 1.000)	255	278	319	490	3.660	8.670

Bron: EIB

²⁵ Rogers, 1962.

²⁶ McGrath, 2013.

Omvangrijke maatschappelijke effecten van zelfsturende voertuigen

De verdere introductie van zelfsturende voertuigen heeft grote maatschappelijke consequenties. Hierna bespreken we de volgende effecten:

- Capaciteit, benutting en mobiliteit
- Productiviteitswinst en reistijdwaardering
- Verkeersveiligheid
- Modal split en autobezit

Capaciteit, benutting en mobiliteit

Zelfsturende auto's zorgen voor een betere benutting van de infrastructuur en verhogen daarmee de capaciteit van de wegen. Dit komt doordat zelfsturende auto's veel dichter achter elkaar kunnen rijden. Voor de capaciteitsberekening van wegen wordt voor de zelfsturende auto uitgegaan van een tussenafstand van één seconde. Bij traditionele auto's is dit 1,6 seconde²⁷. De grenscapaciteit per wegvak (dat is de capaciteit waarbij met 100% zekerheid file ontstaat) wordt hierdoor sterk verhoogd. In de huidige situatie ligt deze bij een snelheid van 100 km/u per rijstrook op 2.100 motorvoertuigen per uur. Bij zelfsturende auto's bedraagt deze capaciteit 3.450 motorvoertuigen per uur. In 2030 rijdt 40% van de auto's in onze analyse met autonome functies. Hierdoor zal de nieuwe grenscapaciteit 10% hoger liggen dan nu. In 2040 zal de grenscapaciteit met 50% zijn toegenomen ten opzichte van het basisscenario. Hierbij moet wel rekening worden gehouden met extra aangetrokken verkeer wanneer de capaciteit tijdens de spitsuren groter is geworden door de hogere benutting ('terug naar de spits'-effect). Daarnaast is er het effect van de 'latente vraag', nieuw gegenereerd verkeer dat niet op de bestaande wegen reed. In het nieuwe evenwicht wordt het aantal verliesuren voor de automobilisten die in beide scenario's tijdens de spits rijden minder. Hier staat tegenover dat er nieuwe knelpunten kunnen ontstaan in de aansluiting van de steden op het wegennet. Dit vraagt bijvoorbeeld meer en/of langere invoegstroken of verbetering van het onderliggende wegennet. De behoefte aan meer doorgaande banen verschuift naar het oplossen van knelpunten bij de aansluiting van hoofdwegen met steden.

De welvaartswinst hiervan bestaat uit de waarde van de tijdsbesparing van degenen die in beide scenario's tijdens de spits rijden plus de baten van degenen die van andere uren en wegen naar de spitsuren en naar hoofdwegen verschuiven. De baten van deze laatsten kunnen worden berekend door de zogenaamde 'rule of half', dit is de helft van de waarde van de tijdsbesparing.

Latente vraag en de invoering van zelfsturende auto's

In onze berekeningen is geen rekening gehouden met de zogenaamde 'latente vraag'²⁸. Reden voor deze werkwijze is dat schattingen van deze 'latente vraag' zijn berekend voor situaties van relatief kleine veranderingen van de capaciteit van de wegen die niet vergelijkbaar zijn met een omvangrijke overall verhoging van de capaciteit van hoofdwegen in relatief weinig jaren. Het KiM noemt een lange termijn elasticiteit van 0,4 voor de 'latente vraag', zodat voor een toename

27 Coöperatieve zelfsturende auto's kunnen tot op 0,5 seconde achter elkaar rijden. In de praktijk zal echter, zeker in de beginperiode, sprake zijn van een mix van wel en niet zelfsturende auto's.

28 KiM, Mobiliteitsbeeld 2014, 2014.

van de capaciteit van wegen met 10%, de (latente) vraag met 4% zou toenemen. In een recente studie noemen Van der Loop e.a.²⁹ een elasticiteit tussen 0,2 en 0,3. Dit effect, plus het aantrekken van bestaand verkeer van andere tijdstippen naar de spits en van andere (secundaire) wegen, zou volgens de literatuur de totale elasticiteit tot maximaal 0,8 kunnen brengen. Dus, voor een toename van de capaciteit op hoofdwegen met 50% op 2040 zou het aantal autokilometers met totaal circa 40% kunnen toenemen. Maar de toename van het verkeer door de 'latente vraag' is geen lineair verschijnsel en resultaten verkregen voor relatief kleine veranderingen kunnen niet zo maar geëxtrapoleerd worden voor grote veranderingen. Vooral het verkeer in de spitsuren kan waarschijnlijk niet in deze mate toenemen, aangezien het woon-werk verkeer daar dominant is. Anderzijds zal het rijden met coöperatieve zelfsturende auto's op hoofdwegen aanzienlijk comfortabeler zijn. Dit laat de 'latente vraag' weer toenemen. Alles bij alles genomen, zal het effect van de invoering van coöperatieve zelfsturende auto's op de congestie door deze 'latente vraag' per saldo kleiner zijn dan wij hebben geschat.

Ondanks deze onzekerheid proberen we hierbij een orde van grootte te geven van het effect van de 'latente vraag'. In ons scenario wordt een daling van het aantal verliesuren op hoofdwegen voor 2040 geschat van 46% ten opzichte van 'business as usual'. Toevoeging van het 'latente vraag' effect met de elasticiteiten van de literatuur zou dit effect kunnen beperken tot 20 à 30% congestie-reductie ten opzichte van 'business as usual'. De effecten op de welvaart van deze 'latente vraag' zijn echter kleiner, omdat tegenover de daling van de baten van het bestaande verkeer de baten staan van het nieuw verkeer.

Op langere termijn kunnen zelfrijdende robotauto's worden ingevoerd die volledig autonoom rijden met inzittenden als passagiers. Dit zal veel ingrijpendere consequenties hebben voor de generatie van nieuw verkeer en de welvaart, daar de 'latente vraag' dan nog veel meer kan toenemen en daarmee de congestie.

Ten eerste zal de mogelijkheid om als autopassagier te reizen, zonder te worden belast met het sturen van de auto, de aantrekkelijkheid van de auto voor groepen die niet of met moeite kunnen rijden aanzienlijk vergroten. Dit zijn bijvoorbeeld bejaarden en gehandicapten. Dit kan een behoorlijke toename van het verkeer veroorzaken; niet alleen op hoofdwegen, maar ook op het onderliggende net. Dit komt omdat naast de grote mobiliteit van ouderen het groeiend aandeel van ouderen in de bevolking een rol zal spelen. Mensen ouder dan 75 jaar (exclusief tehuusbewoners) maken in 2015 11,6% uit ten opzichte van de bevolking van 18-75 jaar. Per persoon rijden ze (als autobestuurder) 27% van wat iemand in de leeftijd 18-75 jaar rijdt. Als 75-plussers 70% gaan rijden van wat personen in de leeftijd van 18-75 rijden, zou dit al het verkeer met 30% laten toenemen. In de toekomst wordt dit effect nog belangrijker, omdat de verhouding tussen 75-plussers en de bevolking tussen 18-75 jaar toeneemt van 11,6% in 2015 tot 20,6% in 2050.

Ten tweede zal de invoering van zelfsturende robotauto's een verschuiving van het openbaar vervoer, vooral de trein, naar autovervoer veroorzaken. Reizen met de auto wordt aanzienlijk gemakkelijker en comfortabeler. Het openbaar

29 Van der Loop, Van der Waard, Haaier, & Willigers, 2015.

vervoer bedraagt in 2015 16% van het vervoer met de auto (in personenkilometers). Een verschuiving van de trein naar de auto zal het aantal autokilometers via de weg met nog een aantal procenten laten toenemen.

Tenslotte zal de elektrische aandrijving (combinatie zelfsturende robotauto met elektrische auto) tot lagere marginale kosten per kilometer leiden. De variabele brandstofkosten van een elektrische auto per kilometer zijn nu 25% van de kosten van een benzineauto. Volgens het KiM leidt 12,5% verlaging van de brandstofprijs tot een toename van het aantal autokilometers van 2,5%, een elasticiteit van 0,2³⁰. Als wij dit zouden toepassen zou op lange termijn het aantal autokilometers met 15% toenemen.

Wij kunnen concluderen dat op de lange termijn de introductie van (coöperatieve) zelfsturende auto's tot enige vermindering van de congestie kan leiden en tot een aanzienlijke toename van de welvaart. De introductie van de zelfsturende robotauto leidt echter tot een nog aanzienlijk grotere toename van de welvaart, maar waarschijnlijk niet tot minder congestie. Op de lange termijn wordt de congestie alles bij elkaar waarschijnlijk groter. Wanneer dit zal gebeuren is echter zeer onzeker.

In de periode 2008-2014 is de congestie afgenomen en daarbij is te constateren dat in 2014 meer tijdens de spits werd gereden. Inspectie van deze cijfers laat zien dat 10% minder congestie tijdens de spitsuren tot een toename van het verkeer tijdens de spitsuren met circa 2,9% leidt. De congestie zal bij zelfsturende auto's verminderen. De reistijd kan daarbij productiever worden gebruikt, omdat de bestuurder (een deel van) zijn tijd kan gebruiken voor andere taken (zie kader 'Productiviteitswinst en reistijdwaardering').

Tabel 4.3 Effecten what if-scenario ten opzichte van het referentiescenario

	2014	2030	2040
Verliesuren index basisscenario	100	161	209
Verliesuren index 'what if'-scenario	100	139	112
Aangetrokken verkeer tijdens spits (%)	0	5	15
Besparing verliesuren huidig spitsverkeer (€ mln)	0	200	950
Welvaartstoename nieuw spitsverkeer (€ mln)	0	<5	75
Totale welvaartstoename (€ mln)	0	200	1.000

Bron: EIB

30 KiM, 2012.

Bij een reistijdwaardering, zoals die door de planbureaus wordt geraamd, zal er door het lagere aantal verliesuren een aanzienlijke verhoging van de maatschappelijke baten ontstaan in de scenario's. Dit loopt op tot € 1 miljard in 2040 in het 'what if'-scenario (tabel 4.3).

Productiviteitswinst en reistijdwaardering

De reistijd zal met zelfrijdende auto's anders gewaardeerd worden. De mate waarin dit gebeurt hangt af van de mate van autonomie. Waar bij de zelfsturende auto's de aandacht van de bestuurder nog gedeeltelijk nodig blijft, is dit bij de zelfrijdende auto niet het geval. In beide gevallen hoeft de bestuurder op bepaalde momenten niet met rijden bezig te zijn. Deze tijd kan dus productiever worden gebruikt.

Door deze verhoogde productiviteit zal het productieverlies, en daarmee de negatieve waardering van reistijd, worden verminderd. Zakelijke reiskilometers worden meer productieve kilometers. Dit zal naast een hogere productiviteit ook voor een lagere reistijdwaardering zorgen. Bij blijvend conventionele auto's zou in theorie de reistijdwaardering in de tijd met ongeveer de waarde van de lonen moeten toenemen. Immers hogere lonen impliceren een hogere waarde van de reistijd. Deze waardering is volgens KiM als volgt:

Reistijdwaardering per uur

	Woon- werkverkeer	Overig verkeer	Zakelijk verkeer	Vracht- verkeer
Waardering reistijd	€ 9,25	€ 7,50	€ 26,25	€ 42,20

Bron: KiM

Deze cijfers zijn in de afgelopen jaren op een lager niveau terecht gekomen. Dit is grotendeels toe te schrijven aan het feit dat mensen nu meer in de auto kunnen doen, 'reistijdverrijking'. Men kan met de mobiele telefoon een deel van de werkzaamheden voortzetten in de auto. De verwachting is dat deze reistijdwaardering nog verder zal dalen, als men nog meer in de auto kan doen.

De planbureaus zijn uitgegaan van een toekomstige toename van de reistijdwaardering met de helft van de loonontwikkeling in een scenario waar zelfsturende auto's geen relevante consequenties zullen hebben in de periode tot 2050. Zij gaan er wel vanuit dat de mogelijkheden om meer te doen tijdens de reis ook in conventionele auto's zal toenemen, bijvoorbeeld door de aanwezigheid van nieuwe apparaten.

Verkeersveiligheid

Veiligheid is al lang een belangrijk thema op verkeersgebied. Door allerlei maatregelen, zoals verbeteringen aan voertuigen, strengere wetgeving, voorlichting en aanpassingen aan de infrastructuur is het aantal verkeersslachtoffers de afgelopen decennia sterk verminderd. Het grootste deel van de huidige ongelukken in het wegverkeer wordt veroorzaakt door een menselijke fout. Auto's met zelfrijdsystemen kunnen de kans op ongelukken en files verkleinen en daarmee de verkeersveiligheid vergroten. Dit leidt tot lagere maatschappelijke kosten van verkeersonveiligheid, zoals verlieskosten door de ontstane files plus de de kosten die gemoeid zijn met een ongeluk, zoals minder leefgenot, gezondheidskosten en productiviteitsverlies van slachtoffers.

In 2009 waren de totale kosten van verkeersongevallen (gehele wegennet) circa € 12½ miljard³¹. De grootste kostenposten hierbij zijn materiële en immateriële kosten. Immateriële kosten hebben hierbij betrekking op verlies van kwaliteit van leven.

Om een beeld te geven van de mogelijke maatschappelijke winsten door een grotere veiligheid gaan we uit van zelfsturende auto's op het hoofdwegennet³². Tabel 4.4 geeft de verkeersonveiligheid op rijkswegen weer voor het jaar 2014. Voor de berekening van kosten-batenanalyses kan ook gebruik worden gemaakt van een bedrag van € 2,6 miljoen per dode en € 0,53 miljoen per zwaargewonde, waarbij de bedragen voor lichtgewonden en ongevallen met uitsluitend materiële schade (UMS) ook zijn meegenomen³³. In het vervolg zullen wij deze kosten aanhouden.

Als we uitgaan van een halvering van het aantal ongevallen op rijkswegen door de komst van de zelfsturende auto, met een evenredige afname van zowel het aantal doden, zwaargewonden, lichtgewonden, als de materiële schade, dan

Tabel 4.4 Aantal slachtoffers op rijkswegen in 2014

	Dodelijk	Ernstig verkeersgewonden	Lichtgewond	Uitsluitend materiële schade
Rijkswegen	74	820 ¹	3.000 ²	75.000 ²

1 (SWOV, 2012), schatting van het aantal slachtoffers in 2010

2 Voorzichtige, ruwe schatting (marge >25%) van het SWOV

Bron: BRON Database (SWOV), Ministerie van Infrastructuur en Milieu, EIB

31 SWOV, 2014, p. 1.

32 Het rijden van zelfsturende auto's ook op provinciale en lokale wegen laten we hier buiten beschouwing.

33 SWOV, 2014, p. 5.

Tabel 4.5 Ongevallen Rijkswegen

Categorie	Aantal slachtoffers (2014)	Kosten per slachtoffer (€ miljoen)	Afname slachtoffers	Afname kosten (€ miljoen)
Dodelijk	74	2,612	35	90
Ernstig gewonden	820	0,53	400	210
Totaal				300

Bron: SWOV, EIB

worden de maatschappelijke kosten van verkeersonveiligheid minimaal € 300 miljoen lager (tabel 4.5). De besparing op de maatschappelijke kosten neemt uiteraard toe naarmate het marktaandeel van zelfsturende auto's toeneemt.

Effecten op modal split en autobezit

De verdere digitalisering en verspreiding van ICT-technieken leidt niet alleen tot sterke maatschappelijke winsten in het individueel vervoer, ook het openbaar vervoer kan profiteren van zelfrijdende technieken. Het effect van de coöperatieve zelfsturende auto op de ontwikkeling van het openbaar vervoer is volgens het KiM beperkt³⁴. Zeker in de stad, waar deze auto's niet zelfsturend zijn, is er geen winst te behalen ten opzichte van de huidige situatie. In trams en metro's in de steden daarentegen zou de bestuurdersfunctie door de nieuwe systemen kunnen worden overgenomen waardoor de personeelskosten zullen afnemen. Alleen tussen steden zal het effect van de zelfsturende auto volgens het KiM licht negatief kunnen zijn, vooral voor het treinverkeer over langere afstanden. De verwachte substitutie-effecten zijn echter niet groot, omdat de vervoersmethode niet significant anders is.

Energieverbruik

Tot slot kan bij de maatschappelijke effecten nog het effect op het brandstofverbruik worden genoemd. Vooral bij vrachtverkeer heeft het op korte afstand van elkaar rijden (platooning) gunstige effecten. Deze kunnen oplopen tot 6%. Ook bij personenauto's kan brandstof worden bespaard omdat de zelfrijdsystemen een kortere tussenaafstand toelaten. Ook de CO₂-uitstoot wordt minder. De winst hiervan is echter kleiner dan bij het vrachtverkeer.

Introductiepad en transitieperiode

Om een beeld te krijgen van de consequenties voor het beleid en de noodzakelijke investeringen is van belang dat de (technologische) ontwikkelingen weliswaar snel kunnen gaan, maar dat gezien de bestaande belemmeringen

34 KiM, 2015, p. 25.

Robotauto: grotere veranderingen, maar ook andere knelpunten

In dit onderzoek is specifiek gekozen om het effect van de zelfsturende auto op de investeringen te bekijken. Introductie van de zelfrijdende robotauto heeft veel grotere effecten. Het effect op het openbaar vervoer is volgens het KiM dan sterk negatief³⁵. Aangezien de zelfrijdende auto in dat geval mensen van deur tot deur kan brengen (hetzij privé, hetzij in een deelvoertuig), zal deze voor een deel van de bevolking de functie van het openbaar vervoer overnemen. Dit zal in mindere mate gelden voor zware vervoersstromen binnen de steden waar openbaar vervoer nog een belangrijke rol zal hebben. In het algemeen leidt de introductie van de robotauto tot een vervaging van de grens tussen individueel en collectief vervoer. Bij een groot marktaandeel van robotauto's kunnen ook nieuwe ontwikkelingen ontstaan waarbij huidige taxibedrijven 'op ieder moment en op iedere plaats' deze vervoersdiensten gaan exploiteren. Gezien de beperkte ruimte in de binnensteden kunnen ook vormen ontstaan waarbij robotauto's worden gedeeld. Ook in de nieuwe WLO-studie wordt auto-delen als een groeimarkt gezien. Dit leidt tot een sterke efficiencyverbetering in het gebruik van auto's. Ook ontstaan er dan nieuwe zakenmodellen waarin het onderscheid tussen privé en zakelijk en tussen privé en gedeeld anders wordt ingevuld.

Desondanks blijven er ook met robotauto's nog vragen over de bereikbaarheid in de stad. Zeker als de techniek nog niet ver genoeg is gevorderd om menselijk handelen 100% na te kunnen bootsen (assertief waar mogelijk, altijd veilig)³⁶. Zonder extra maatregelen is er dan kans op misbruik door andere weggebruikers. Er zal dus moeten worden nagedacht over hoe de infrastructuur de robotauto kan faciliteren.

rond wetgeving, aansprakelijkheid en maatschappelijke acceptatie rekening moet worden gehouden met geleidelijke diffusie. Het introductiepad van zelfrijdende voertuigen loopt daarbij via het verder uitbreiden van al bestaande rij-ondersteunende functies in de hoogste voertuigklassen via de toepassing van deze functies in alle auto's naar (wellicht) het gebruik van de robotauto. Hierbij moet worden geconstateerd dat het nog 15 tot 20 jaar kan duren voordat de genoemde maatschappelijke effecten worden bereikt. Daarbij hebben we gezien dat vooral de consequenties voor het hoofdwegennet groot zullen zijn en dat de effecten op de mobiliteit binnen steden bij de coöperatieve zelfsturende auto beperkt zullen blijven.

Investerings in infrastructuur en verkeersmanagement

De infrastructurele opgaven op de lange termijn worden uiteraard beïnvloed door majeure trends als de zelfsturende auto. Het KiM heeft echter vastgesteld dat in alle relevante scenario's (ook met differentiaties naar zelfrijdende technieken) tot 2030 de mobiliteit zal blijven toenemen. Om deze groei op te vangen, blijven investeringen in uitbreiding van het wegennet noodzakelijk. Bij grootschalige toepassing van robotauto's worden de investeringen in de landelijke spoorweginfrastructuur mogelijk neerwaarts beïnvloed. Vanaf 2030 zal de groei in de mobiliteit afvlakken. In het geval de zelfsturende auto dan al

35 KiM, 2015, p. 36.

36 CPB/PBL, 2015, p. 21.

een relatief groot marktaandeel heeft verworven, verschuift de vraag naar infrastructuur van uitbreiding naar het oplossen van knelpunten. Deze knelpunten kunnen immers alsnog voor opstoppingen zorgen en daarmee de effectiviteit van de zelfsturende auto significant verminderen. Belangrijke investeringsopgaven blijven aanwezig voor de toegang tot de steden en voor de binnenstedelijke infrastructuur, zowel wat betreft wegen als (railgebonden) openbaar vervoer. Daarnaast blijft het belangrijk om reservecapaciteit aan te houden, zowel op het hoofdwegennet als op het regionale en lokale wegennet.

De voordelen van zelfrijdende technieken komen vooral door verdere ontwikkeling van digitalisering en ICT-technieken vanuit de autobranche. Deze technieken zitten vooral in de voertuigen en minder in de infrastructuur. Toch kan worden verwacht dat de verwachte invoering van semi-autonome voertuigen binnen de komende jaren nog belangrijke investeringen in verkeersmanagementsystemen zal vragen. Deze systemen zijn nodig om de voertuigen optimaal van de wegen gebruik te kunnen laten maken. Een belangrijke ontwikkeling daarbij is dat private partijen zich op de markt begeven voor collectie en verwerking van verkeersdata. Deze activiteiten kunnen van de overheid worden overgenomen. Aspecten als privacy en beheer van de openbare ruimte spelen een rol in de discussie tussen zelf doen door de overheid of uitbesteden aan marktpartijen.

Voor het beleid ten aanzien van mobiliteit en investeringen in infrastructuur geldt dat gezien de potentiële maatschappelijke baten het zinvol is de ontwikkeling naar zelfrijdende voertuigen vanuit de overheid te (blijven) ondersteunen. Op de lange termijn leidt dit mogelijk tot een verschuiving in de investeringsopgave. Op de korte en middellange termijn blijven ook investeringen in verkeersmanagement nodig, alleen al vanwege de toenemende mobiliteitsdruk op de steden. Daarnaast is van belang dat installaties rond de infrastructuur ook andere (publieke) functies hebben.

Hierbij zullen de mogelijkheden in beeld moeten komen van een meer gefaseerde uitbreiding van de capaciteit waarbij ook gekeken wordt naar een modulaire of partiële uitbouw. Ook bij de noodzakelijke vervanging van infrastructuur zal met de lange termijneffecten van deze nieuwe ontwikkelingen rekening moeten worden gehouden.

Investerings in autotechniek

Op de kortere termijn zullen de investeringen vooral in de autotechniek worden gedaan. De kosten voor de systemen waarmee semi-autonoom over de snelweg gereden kan worden bedragen circa € 3.000. Op andere terreinen zijn de kosten van autotechniek (zij-airbags, ESP) over de jaren afgenomen en geleidelijk beschikbaar gekomen voor een groter aantal typen auto. Dit maakt de systemen voor een grotere groep consumenten bereikbaar. Mochten deze prijzen echter worden aangehouden, dan zal bij een gemiddelde prijs van € 3.000 het geïnvesteerde bedrag ongeveer € 26 miljard bedragen.

Om de auto's ook coöperatief te maken, is er ook nog een mogelijkheid tot communicatie tussen de voertuigen nodig. Deze investeringen zullen nog gedaan moeten worden, maar zullen niet prohibitief hoog zijn. Dit omdat nieuwe auto's al communicatieapparatuur hebben ingebouwd. Om een zo groot mogelijk effect te hebben is het belangrijk om ook naar het huidige wagenpark

te kijken. De vraag is of hier nog investeringen nodig zijn (denk hierbij bijvoorbeeld aan een transponder of andere herkenningssystemen), om ervoor te zorgen dat de zelfrijdende of zelfsturende auto effectiever kan rijden. Wellicht kunnen deze taken ook via de mobiele telefoon worden uitgevoerd.

4.3 Elektrische auto's

Naast de zelfrijdende voertuigen is de toenemende toepassing van elektrische voertuigen een belangrijke ontwikkeling voor de infrastructuur. Vooral in het individueel personenvervoer is sprake van een sterke opkomst van de elektrische auto, al of niet in combinatie met een brandstofmotor. De elektrificatie van het autopark heeft zeer veel perspectief en zal ertoe leiden dat voertuigen veel minder milieubelastend zijn. De leefbaarheid van de steden zal hierdoor toenemen.

Elektrische auto's: marktaandeel nog laag, maar snelgroeiend

Eind 2015 was ruim 1% van het personenautopark elektrisch. Hoewel dit aandeel nog klein is, is dit in de afgelopen twee jaar verdrievoudigd (tabel 4.6). Het overgrote deel van deze auto's is semi-elektrisch (hybride).

Tabel 4.6 **Ontwikkeling penetratie elektrische personenauto's in Nederland (aantal)**

	31 dec 2012	31 dec 2013	31 dec 2014	31 dec 2015
Volledig elektrisch	1.910	4.161	6.825	9.368
Semielektrisch	4.348	24.512	36.937	78.163
Totaal	6.258	28.673	43.762	87.531
Totaal personenauto's	7.858.712	7.915.613	7.932.290	7.979.083
Percentage elektrisch	0,08	0,36	0,55	1,10

Bron: CBS statline en RVO.nl (special analyse 2015), bewerking EIB

Verskillende laadtechnieken in ontwikkeling

Op dit moment is het marktaandeel van elektrische voertuigen nog laag. Dit komt onder meer door de hoge aanschafkosten van elektrische auto's. Daarnaast vormt de capaciteit van de accu's nog een grote beperking waardoor geen grote afstanden kunnen worden afgelegd. De actieradius bedraagt nu ongeveer 170 kilometer voor personenauto's. Momenteel worden auto's opgeladen via laadpalen bij bewoners thuis of op openbare plekken. De technologische ontwikkelingen gaan echter vrij snel waardoor de capaciteit van de accu's wordt vergroot. Ook de infrastructuur om elektrische voertuigen op te laden wordt uitgebreid. Vooral in de grote steden wordt het aantal openbare laadpalen voor elektrische voertuigen in de komende jaren sterk opgevoerd. Een groter aandeel elektrische auto's zorgt voor een grotere vraag naar laadpalen, waarbij in stedelijk gebied de aangrenzende parkeerplekken niet meer voor

andere auto's gebruikt kunnen worden. Dit zorgt voor een verstoring in de binnenstedelijke parkeermogelijkheden. Er worden daarnaast inmiddels technieken ontwikkeld, die de noodzaak voor laadpalen vermindert. Tabel 4.7 geeft een overzicht van de verschillende laadtechnieken die in ontwikkeling zijn. De technieken worden hieronder verder toegelicht.

Tabel 4.7 Laadtechnieken voor elektrische voertuigen

	Dynamisch	Statisch
Inductief	Inductieladen op de snelweg	Inductieladen op parkeerplekken
Conductief	Opladen door middel van: - Pantograaf en bovenleiding - Sleepcontact over leiding	Laadpaal

Bron: EIB

Inductieladen

Inductieladen verschilt met normaal laden, omdat er geen bedrading nodig is tussen het laadobject en het laadstation. Het laden gebeurt namelijk met behulp van magnetische velden, die elektrische stromen opwekken. Een praktisch voorbeeld van draadloos laden is de elektrische tandenborstel. De tandenborstel en het laadstation hebben geen directe connectie door middel van contactpunten of stekkers.

Opladen via bovenleiding of elektrische rails

Naast de inductielaadsystemen zijn er ook conductielaadsystemen in de testfase. Deze zijn grofweg in twee categorieën te verdelen: laden via bovenleiding en laden met een sleepcontact over een elektrische rails. Beide systemen worden langdurig getest in Zweden en daarbij is de nadruk gelegd op vrachtwagens³⁷. Beide systemen kunnen ook partieel worden aangelegd. De tussenafstanden kunnen dan alsnog met accu's worden overbrugd.

Het opladen via een bovenleiding werkt zoals bij een trein of tram. De vrachtwagen, uitgerust met een pantograaf, kan via een bovenleiding de benodigde energie opvangen om te kunnen rijden. Voor inhaalacties is het voertuig voorzien van enige batterijen, dan wel een kleinere dieselmotor die kan dienen als generator³⁸.

³⁷ Swedish Transport Administration, 2016.

³⁸ Siemens.

Een tweede optie is het opladen via elektrische geleiderails, zoals bij een modelracebaan. Een metalen rail is hierbij in het wegdek geplaatst en de voertuigen zijn voorzien van sloopcontacten op een beweegbare arm. Deze armen zorgen voor enige flexibiliteit. De elektrisch geladen rail is zoveel mogelijk afgeschermd.

Elektriciteit uit het wegdek

Naast het leveren van elektriciteit aan voertuigen, kan een weg met verschillende technieken ook zelf energie opwekken. Een interessante techniek is de opwekking van elektriciteit door middel van de vibraties of druk van motorvoertuigen in de weg. Deze manier van opwekking maakt gebruik van piëzo-elektrische materialen mogelijk. Deze materialen geven onder druk of door vibraties een kleine elektrische lading af. Denk hierbij aan een elektrische aansteker, die een klein vonkje geeft als je deze indrukt. Het idee is dat het materiaal in plaatjes onder het wegdek wordt geplaatst. Auto's rijden over het materiaal en zo wekt elke auto een kleine lading op bij elk plaatje. Hoe meer plaatjes, hoe hoger de lading.

Andere technieken zijn bijvoorbeeld het opwekken van elektriciteit door middel van zonnecellen in en om de weg, of het opvangen van warmte-energie uit de weg.

Grootschalige toepassing van elektrische voertuigen vergt omvangrijke investeringen

De verdere introductie van elektrische auto's heeft maatschappelijke voordelen en het is interessant om te kijken naar de implicaties hiervan voor de infrastructuur. Evenals bij de diffusie van zelfrijdende voertuigen kijken we bij de verdere introductie van elektrische auto's naar eerdere patronen van nieuwe technieken. Op basis daarvan bekijken we de situatie dat in 2030 alle nieuw verkochte auto's elektrisch zijn. Daardoor zal tegen 2050 het gehele wagenpark elektrisch worden aangedreven.

De gemiddelde woon-werkreiziger rijdt 150 kilometer per dag en kan hiermee met één volle accu volstaan. De gebruiker van de elektrische auto zal vanwege de lange laadtijd en redenen van comfort zijn auto op het werk of thuis opladen. Daarom zal er de komende jaren vooral naar decentrale oplossingen worden gekeken waarbij de huidige ontwikkelingen zullen worden doorgezet. Naarmate de penetratiegraad van elektrische voertuigen toeneemt, zal er ook meer naar innovatieve collectieve oplossingen (laden via laadstations of via het wegdek) gekeken kunnen worden. Elektrisch rijden zal kunnen leiden tot een grotere mobiliteitsvraag omdat de variabele gebruikskosten afnemen.

De implementatie zal geleidelijk verlopen waardoor ook de aanleg van nieuwe infrastructuur of aanpassing van de bestaande geleidelijk zal kunnen gebeuren. Duidelijk is dat omvangrijke investeringen nodig zullen zijn, zowel door de overheid als door private partijen en consumenten.

Investerings in laadpalen

Bij een penetratiegraad van ruim 40% zijn er in 2030 ruim 3½ miljoen elektrische auto's. Ervan uitgaande dat er evenveel oplaadpunten nodig zijn als auto's, zullen er ook 3½ miljoen oplaadpunten nodig zijn. Van de oplaadpunten betreft 75% private voorzieningen en 25% van de oplaadpunten is publiek/semi-publiek (in parkeergarages) toegankelijk³⁹. Het merendeel van de investeringsopgave betreft dus investeringen door de private sector.

De private investeringsopgave zal uitgaande van gemiddeld € 1.000 per oplaadpunt aan huis, neerkomen op ongeveer € 2,7 miljard tot 2030. De overheid zal hierdoor de komende vijftien jaar moeten investeren in 900.000 oplaadpunten. Een publieke oplaadpaal met twee oplaadpunten kost op dit moment ongeveer € 4.000. Hiermee komt de totale decentrale investeringsopgave voor de overheid uit op zo'n € 1,8 miljard tot 2030. Schaalvoordelen in productie zullen de prijzen mogelijk in de tijd doen dalen.

Naast decentrale oplaadpunten langs wegen en in parkeergarages zullen er ook een aantal centrale oplaadpunten nodig zijn. Een logische plek hiervoor (die ook al in ontwikkeling is) zijn de benzinstations langs rijks- en provinciale wegen en in de bebouwde kom. Ervan uitgaande dat ieder tankstation vier elektrische oplaadpunten krijgt, zal dit 16.800 (op basis van 4.200 bestaande tankstations op dit moment⁴⁰) oplaadpunten betreffen. Dit komt neer op nog zo'n € 34 miljoen tot 2030. Indien alle tankstations volledig omgebouwd worden tot laadstations, ervan uitgaande dat er gemiddeld 12 brandstofpompen per tankstation zijn, zal dit in totaal € 100 miljoen kosten.

Investerings in infrastructuur

Indien inductieladen wordt ingevoerd, zullen er verschillende aanpassingen gedaan moeten worden aan de infrastructuur. Bij statische laadfaciliteiten zullen de platen onder de bestaande bestrating geplaatst moeten worden. Bij de aanleg van laadsystemen op bijvoorbeeld snelwegen zal eerst de toplaag verwijderd moeten worden, alvorens het systeem aangelegd kan worden. De kosten voor inductieladen verschillen per type laadtechniek. Statische inductieplaten voor thuisgebruik kunnen al voor ongeveer € 2.000 worden gekocht. Dynamisch inductieve laadsystemen zullen volgens verschillende interviews, gedaan voor het rapport 'Nederland Inductieland?!', tussen de € 300.000 en € 500.000 per strekkende kilometer kosten. Om het systeem effectief te laten zijn, zal afhankelijk van de kracht van het systeem, tussen de 20% en 40% van het wegennet moeten worden voorzien van laadtechnieken⁴².

Het aanleggen van een kilometer bovenleiding kost tussen € 600.000 en € 650.000 euro bij aanleg boven een enkelsporig railnetwerk. Bij sleuftechnieken moet worden gedacht aan kosten van circa € 300.000 per kilometer. Piëzo-technieken kosten volgens één van de producenten tussen € 550.000 en € 900.000 per kilometer⁴².

39 Percentages zijn gebaseerd op RVO, 2016.

40 Aantal tankstations komt van BOVAG/RAI, 2016.

41 Chopra, 2011.

42 DNV KEMA, 2013.

Infrastructuurgebonden technieken brengen dus grosso modo kosten met zich mee tussen € 0,5 en € 1 miljoen per kilometer. Deze kosten zijn exclusief de kosten die voor de traditionele infrastructuur moeten worden gemaakt, bijvoorbeeld het opnieuw aanbrengen van een toplaag asfalt of de kabelinfrastructuur die nodig is om aan te sluiten op bestaande systemen.

Grootschalige toepassing van deze nieuwe technieken op bijvoorbeeld het rijkswegennet, dat een omvang heeft van 5.000 strekkende kilometer, betekent derhalve een miljardeninvestering. Een dergelijk investeringsprogramma zal dan ook moeten aansluiten bij bestaande programma's voor onderhoud en reconstructie van wegen. Tegenover deze investeringen staan echter ook baten in de vorm van bijdragen aan duurzaamheid en het terugdringen van CO₂-uitstoot.

4.4 Smart grids

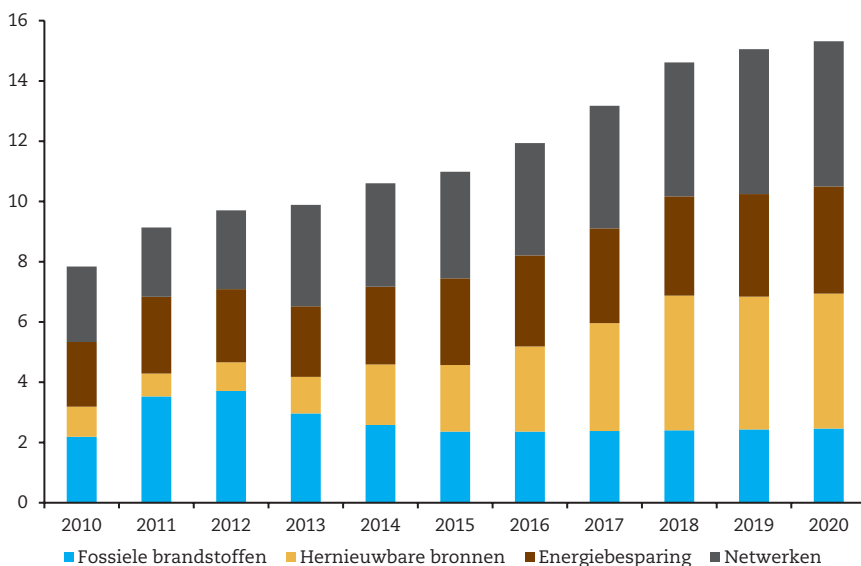
Naast zelfrijdende voertuigen en elektrische auto's vormt de ontwikkeling van smart grids in de energievoorziening een majeure opgave in de infrastructuur. Het gaat hier om het moderniseren en vergroten van de verschillende typen infrastructuur die worden gebruikt voor de energievoorziening. Deze netwerken vallen onder de verantwoordelijkheid van de netbeheerders voor elektriciteit, gas en warmte en zijn gericht op transport, distributie en huis-aansluitingen.

Verduurzaming van de energievoorziening is hierbij een belangrijk thema waarbij het zowel gaat om maatregelen die zijn gericht op energiebesparing als maatregelen richting een andere brandstofmix. Doelstelling van het nationale energiebeleid is een toename van het gebruik van hernieuwbare bronnen. De toename van hernieuwbare bronnen zal in de komende jaren gelijk oplopen met toenemende investeringen in netwerken (figuur 4.1). Hiermee wordt de trend van de afgelopen jaren gecontinueerd. De opgaven in de netwerken nemen toe door enerzijds de vervanging van bestaande netwerken en anderzijds het aanleggen van nieuwe netwerken. Hieronder vallen ook warmtenetten en all-electric nieuwbouwwijken. De toename van decentrale opwekking betekent dat netwerken hierop moeten worden aangepast. Decentrale en onregelmatige opwekking vraagt daarbij om een andere manier van het managen van het energienetwerk. Daarbij zullen afwegingen moeten worden gemaakt over de kosten en baten van verzwaring van het netwerk, decentrale opslag van energie en sturing van de vraag via het prijsmechanisme om aan te sluiten op het aanbod. De netwerken zullen daarbij geschikt moeten worden gemaakt voor het afwisselend afnemen en leveren van elektriciteit van het netwerk.

De overschakeling naar een energievoorziening door warmtenetten of all-electric netwerken zal geleidelijk gaan. Dit gebeurt op lokaal niveau en per situatie wordt gekeken of één, twee of drie netwerkaansluitingen de beste oplossing is. Zo is voor nieuwbouwwoningen alleen een aansluiting op elektriciteit soms voldoende. Echter in historische binnensteden lijkt het vooralsnog noodzakelijk om een gasaansluiting te behouden. In enkele gevallen zal zelfs een combinatie van elektriciteit, gas en warmte de beste oplossing zijn.

De investeringen op lange termijn zijn zeer onzeker. Slimme oplossingen kunnen leiden tot optimalisering van de afstemming van vraag en aanbod, eventueel gecombineerd met energie-opslag. Ook beprijzing kan hierbij worden ingezet. Steeds beter is het mogelijk om met behulp van gedetailleerde verbruiksdata vraag en aanbod slim op elkaar af te stemmen via smart-grids en daarmee piekbelastingen van het netwerk te verminderen. Dit betekent dat netwerkverzwaring niet meer overal nodig is en dat er bespaard kan worden op onderhoud. Bij de afweging om dit soort technische innovaties te implementeren moet goed worden gekeken naar de kosten en baten van maatregelen. In sommige gevallen zal het verzwaren van bestaande netwerken een betere optie zijn dan het aanleggen van een smart grid. Hetzelfde geldt voor het aanleggen van opslagcapaciteit.

Figuur 4.1 Investeringen in energieproductie, -besparing en netwerken, 2010-2020 (mld euro)



Bron: NEV 2015

De introductie van warmtenetten als alternatief voor aardgas valt samen met een grote vervangingsopgave voor het gasnet. Veel van de gasnetten in Nederland zijn in de jaren zestig en zeventig aangelegd en zijn aan het einde van hun technische levensduur. Het ligt echter niet voor de hand dat deze allemaal zullen worden vervangen door warmtenetten. Veel gebouwen zijn niet ingericht op verwarming door warmtenetten. Ook zijn warmtenetten het efficiëntst in gebieden met hoge dichtheden zoals steden, maar niet praktisch in meer landelijke gebieden. De optimale mix van elektriciteits-, gas- en warmtenetten zal sterk verschillen per locatie. Dit betekent dat de transitie van netwerken geleidelijk zal gaan en maatwerk per situatie zal vragen. Versoepeling van regelgeving omtrent aansluitingsverplichtingen kan deze transitie versnellen.

Bijlage Literatuurlijst

Aon Risk Solutions (2015). Whitepaper; Als de auto autonoom wordt. Aon Nederland.

BOVAG/RAI (2016). Mobiliteit in Cijfers Auto 2015. Amsterdam: Stichting BOVAG-RAI Mobiliteit.

Chopra, S. (2011). Contactless Power Transfer for Electric Vehicle Charging Application. Delft.

CPB/PBL (2015). Nederland in 2030-2050: twee referentiescenario's – Toekomstverkenning Welvaart en Leefomgeving; Cahier Mobiliteit. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving en Centraal Planbureau.

Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly* 13 (3), 319-340.

Hill, D., Tong, N., & KEMA (2013). Assessment of Piezoelectric materials for roadway energy harvesting. Oakland: California Energy Commission.

Elways. (2011). Charging Technology. Opgeroepen op augustus 17, 2016, van Elways: <http://elways.se/charging-technology/?lang=en>

Guizzo, E. (2011, oktober 18). How Google's Self-Driving Car Works. Opgeroepen op maart 16, 2016, van IEEE Spectrum: <http://spectrum.ieee.org/automation/robotics/artificial-intelligence/how-google-self-driving-car-works>

KiM (2012). Over brandstofprijzen en automobilititeit. Den Haag.

KiM (2013). Mobiliteitsbeeld 2013. Den Haag.

KiM (2014). Mobiliteitsbeeld 2014. Den Haag.

KiM (2015). Chauffeur aan het stuur? Den Haag.

KiM (2015). Mobiliteitsbeeld 2015. Den Haag.

KiM (2016). Trendprognose wegverkeer 2016-2021 voor RWS. Den Haag.

McGrath, R. (2013, 11 25). The Pace of Technology Adoption is Speeding Up. Opgeroepen op mei 2016, van Harvard Business Review: <https://hbr.org/2013/11/the-pace-of-technology-adoption-is-speeding-up>

Ministerie van Infrastructuur en Milieu. (2015, oktober 6). Brochure European Truck Platooning Challenge 2016. Opgeroepen op maart 16, 2016, van Government.nl: <https://www.government.nl/topics/mobility-public-transport-and->

road-safety/documents/leaflets/2015/10/06/leaflet-european-truck-platooning-challenge-2016

Noort, W. v. (2016, 03 17). Wat als de zelfrijdende auto botst? Opgeroepen van NRC: <http://www.nrc.nl/next/2016/03/17/wat-als-de-zelfrijdende-auto-botst-1602582>

Rijkswaterstaat (2015). Capaciteitswaarden Infrastructuur Autosnelwegen. Dienst Water, Verkeer en Leefomgeving.

Rogers, E. M. (1962). Diffusion of Innovations. New York: Glencoe: Free Press.

RVO (2016). Special: Analyse over 2015, de ontwikkeling van elektrisch vervoer (personenauto's) en laadinfrastructuur in 2015. Den Haag: Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

Siemens. (sd). Electrification of road freight transport. Opgeroepen op augustus 16, 2016, van Siemens: <http://w3.siemens.com/topics/global/en/electromobility/pages/ehighway.aspx>

Swedish Transport Administration (2016, 6 22). First electric road in Sweden inaugurated. Opgeroepen op augustus 18, 2016, van Trafikverket: <http://www.trafikverket.se/en/startpage/about-us/news/2016/2016-06/first-electric-road-in-sweden-inaugurated/>

SWOV (2012). Ernstig verkeersgewonden in motorvoertuigongevallen op rijkswegen in 2010. Leidschendam: Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid.

SWOV (2014). SWOV-Factsheet; Kosten van verkeersongevallen. Den Haag.

Timmer, J., & Kool, L. (2014). Tem de robotauto. Den Haag: Rathenau Instituut.

Van der Loop, H., Van der Waard, J., Haaier, R., & Willigers, J. (2015). Induced demand: New empirical findings and consequences for economic evaluation. Den Haag.

Venkatesh, V., & Davis, F. D. (2000). A theoretical extension of the technology acceptance model: Four longitudinal field studies. *Management Science* 46 (2), 186-204.

Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., & Davis, F. D. (2003). User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View. *MIS Quarterly*(27 (3)), 425-478.

EIB-publicaties

2010

Verwachtingen bouwproductie en werkgelegenheid 2010

Algemene kosten in het bouwbedrijf 2006-2008

Bedrijfseconomische kencijfers b&u-bedrijven 2008

Bedrijfseconomische kencijfers gww-bedrijven 2008

Trends en ontwikkelingen in de afbouwbranche 2010-2015

Zzp'ers in de bouw

De arbeidsmarkt in de bitumineuze en kunststofdakbedekkingsbranche

Kantorenleegstand - probleemanalyse en oplossingsrichtingen

Ondergrondse netwerken en grondwaterbeheer

Monitor arbeidsongevallen in de bouw 2009 (ARBOUW)

Ziekteverzuim in de bouw 2009

Beleidsvarianten beperking hypotheekrenteaftrek en liberalisatie huursector

Nacht- en weekendwerk in het wegonderhoud

Bouw in beeld 2009

De bouwarbeidsmarkt 2010-2015

Bedrijfseconomische kencijfers gespecialiseerde bedrijven 2007-2008

Strategie en crisis

Vrouwen in technische functies

Marktstudie AFNL 2011-2012

Infrastructuurmonitor - MIRT 2011

Kantorenleegstand - analyse van de marktwerking

2011

Verwachtingen bouwproductie en werkgelegenheid 2011

Algemene kosten in het bouwbedrijf 2007-2009

Openbare aanbestedingen in de gww

Bedrijfseconomische kencijfers gww-bedrijven 2009

Bedrijfseconomische kencijfers b&u-bedrijven 2009

Succesvol binnenstedelijk bouwen

De winst van innoveren

Algemene BouwplaatsKosten (ABK) van B&U-projecten 2010 (RRBOUW)

Productiviteit en strategie

Bouwconcerns in beeld 2009-2010

Trends en ontwikkelingen in de afbouwbranche 2011-2016

Restauratie en onderhoud van monumenten - marktverkenning tot 2015

Aanbestedingsgedrag opdrachtgevers

Actuele situatie in de bouw - overzicht ten behoeve van de nieuwe woonvisie

Dynamiek op de woningmarkt

De civiele betonbouw tot 2016 - ontwikkelingen op de markt en in de rolverdeling in het bouwproces

Monumenten en corporaties - monumentenbezit en -beleid van corporaties

Ziekteverzuim in de bouw 2010

Maatschappelijke woonagenda - van programmeren naar stimuleren

Monitor arbeidsongevallen in de bouw 2010 (ARBOUW)

Kantorenmonitor - analyse van vraag en aanbod

MKBA Herstructurering Eemsdelta

Bedrijfseconomische kencijfers - b&u- en gww-bedrijven 2010

Kosten en baten van de bouw bbl-opleiding

Overheid en markt; nieuw evenwicht in aanbesteden

Dienstverlening van medeoverheden - quick scan onder architectenbureaus

Infrastructuurmonitor - MIRT 2012

Algemene kosten in het bouwbedrijf 2008-2010

Kostenmodel omgevingsrecht

Bouwen voor kwaliteit

2012

Evaluatie stimuleringspakket woningbouw

Verwachtingen bouwproductie en werkgelegenheid 2012

Situatie op de Nederlandse hypotheekmarkt

Arbeid en scholing in de restauratiesector

Trends en ontwikkelingen in de wegenbouw tot 2017

Trends en ontwikkelingen in de afbouwbranche 2012-2017

Bouwconcerns in beeld 2010-2011

Effecten van bezuinigingen in de infrastructuur

Annuïtaire beperking hypotheekrenteaf trek

Vitaliteit: van feit tot beleid

Ziekteverzuim in de bouw 2011

Landelijke samenvatting kantorenmonitor

Stedelijke ontwikkeling en infrastructuur

Monitor arbeidsongevallen in de bouw 2011

Aanbestedingsgedrag opdrachtgevers

Gemeentefinanciën, voorzieningen en ruimtelijke investeringen in krimpgebieden

Kantorenmarkt Noord Nederland

Kantorenmarkt Oost Nederland

Kantorenmarkt provincie Utrecht

Kantorenmarkt Noord-Holland en Flevoland

Kantorenmarkt Zuid-Holland

Kantorenmarkt Zeeland

Kantorenmarkt Noord-Brabant

Kantorenmarkt Limburg

Verkiezingsprogramma's - gevolgen voor de woningmarkt en de bouwproductie

Bouwen voor de zorg

De bouw in 2020

Inventarisatie projecten Noord-Holland Noord 2013

Bouwschoolverlaters

Perspectief voor de funderingsbranche

Bouw in beeld 2011-2012

Regeerakkoord en woningcorporaties

Infrastructuurmonitor - MIRT 2013

Algemene kosten in het bouwbedrijf 2009-2011

Bedrijfseconomische kencijfers - b&u- en gww-bedrijven 2011

Marktstudie AFNL 2012-2017

2013

Verwachtingen bouwproductie en werkgelegenheid 2013

Verhuurderheffing en huurmaatregelen in krimpregio's

Bouwconcerns in beeld 2011-2012

Woonakkoord - effecten op bouwproductie en werkgelegenheid

Trends en ontwikkelingen in de afbouwbranche 2013-2018

Investeringsfaciliteit en verhuurderheffing

De Stroomversnelling

Ziekteverzuim in de bouw 2012

Verkenning woningbouwprogrammering Regio Amersfoort

De feiten rond aanbesteden

Monitor arbeidsongevallen in de bouw 2012 (ARBOUW)

Bouwen voor het onderwijs

Regionale kantorenmarkten Metropoolregio Rotterdam en Den Haag

SER Energieakkoord

Duurzame inzetbaarheid van arbeid

Bouw in beeld 2012-2013

Restauratie en onderhoud van monumenten

Waterbouw en waterschappen tot 2020

MKBA Zeeuws-Vlaanderen

Infrastructuurmonitor - MIRT 2014

EMVI, tenzij.....

Verkenning woningbouwprogrammering regio Arnhem-Nijmegen

Kostenverschil binnenstedelijk bouwen en bouwen op uitleglocaties in Noord-Holland

Algemene kosten in het bouwbedrijf 2010-2012

Bedrijfseconomische kencijfers b&u- en gww-bedrijven 2012

2014

Verwachtingen bouwproductie en werkgelegenheid 2014

Bouwconcerns in beeld 2012-2013

Eindgebruiker en opdrachtgever in de bouw: lessen uit het buitenland

Toekomstperspectieven sloopsector

Scenariostudie Overijssel

Verkenning woningbouwprogrammering Regio Amersfoort

Startersregeling Regio Amersfoort

Succesfactoren opdrachtgeverschap

Ziekteverzuim in de bouw 2013

Gebruik en effecten van de Starterslening

Transactiekosten aanbesteden

Bouw in beeld 2013-2014

Regionale afstemming van werklocaties in Noord-Brabant

Infrastructuurmonitor - MIRT 2015

Monitor arbeidsongevallen in de bouw 2013 (Arbouw)

2015

Verwachtingen bouwproductie en werkgelegenheid 2015

Grondmarkt in crisistijd

Van de grond af aan

Algemene kosten in het bouwbedrijf 2011-2013

Bedrijfseconomische kencijfers - b&u- en gww-bedrijven 2013

Restschulden in Nederland

Beleggen in zorgvastgoed

Effect vrijstelling WWS en verhuurderheffing

Monitor arbeidsongevallen in de bouw 2014 (Arbouw)

Investeren in Nederland

Werkloosheid in de bouw 2009-2011

Woningmarktgebieden in de Noordvleugel

Infrastructuurmonitor: MIRT 2016

Vitaliteit op de lange termijn

Succesvolle EMVI-aanbestedingen

Energiebesparende technieken en kwalificaties bouwpersoneel

Bedrijfseconomische kencijfers b&u- en gww-bedrijven 2014

Algemene kosten in het bouwbedrijf 2012-2014

Monitor bouwketen, najaar 2015

Bouw in beeld 2014-2015

MKBA wetsvoorstel kwaliteitsborging voor het bouwen

Monitor Zzp'ers in de bouw 2014, eerste halfjaar

Monitor Zzp'ers in de bouw 2014, tweede halfjaar

2016

Verwachtingen bouwproductie en werkgelegenheid 2016

Macro-economische verkenning betonakkoord

Ziekteverzuim in de bouw 2014

Instandhouding van monumenten

Monitor Zzp'ers in de bouw 2015, eerste halfjaar

Evaluatie marktvisie waterschappen

Minitor bouwketen, najaar 2016

Investeren in de Nederlandse woningmarkt

Ziekteverzuim in de bouw 2015

Economisch Instituut voor de Bouw

Koninginneweg 20
1075 CX Amsterdam

t (020) 205 16 00

eib@eib.nl
www.eib.nl

Desktop publishing: Margo Wakidjan-Nijbroek, EIB
Druk: Venhuis Communicatie Producties

