



Studiecommissie voor overheidsinvesteringen & FOD Volksgezondheid, DG Leefmilieu

*Bijkomende investeringen in
bestaande net zero emissie-
scenario's voor België: een
vergelijkende analyse*

Maart
2025

Leden van de Studiecommissie voor Overheidsinvesteringen:

De heer B. Regout, voorzitter, voorgedragen door het Federaal Planbureau;

Mevrouw G. Gentil, voorgedragen door het Federaal Planbureau;

Mevrouw M. Druant, voorgedragen door de Nationale Bank van België;

Mevrouw F. Lepoivre, voorgedragen door de minister van Economische Zaken;

De heer K. Devoldere, voorgedragen door de minister van Financiën;

De heer V. Van Steenberghe, voorgedragen door de minister van Klimaat;

De heer T. Hermans, voorgedragen door de staatssecretaris voor Begroting.

Secretariaat van de Studiecommissie voor Overheidsinvesteringen:

Mevrouw P. de Radiguès, de heer B. de Hemptinne en de heer M. Van der Beeuren.

Expert van FOD Gezondheid, DG Leefmilieu:

Mevrouw E. Taylor.

Wettelijk depot: D/2025/11.691/3

Samenvatting

Als lid van de Europese Unie hangt de bijdrage van België aan de transitie naar een EU met net zero broeikasgasemissies tegen 2050 af van aanzienlijke veranderingen in investeringspatronen. Niet alleen het niveau, maar ook de aard van de investeringen zal veranderen. Het inschatten van de noodzakelijke investeringsvereisten voor de decarbonisatie van de economie is cruciaal om de macro-economische impact van de klimaattransitie in België te begrijpen en om het maatschappelijk en beleidsdebat te voeden.

Een scenario-gebaseerde aanpak

Dit rapport vergelijkt de momenteel beschikbare net zero transitie scenario's die de voorbije jaren zijn gepubliceerd door zowel auteurs uit de overheids- als private sector in België. Deze scenario's werden ontwikkeld binnen hun technologische en regelgevende context. Aangezien deze context voortdurend evolueert, bijvoorbeeld na het federaal regeerakkoord van 2025, is het mogelijk dat er in de toekomst andere scenario's worden voorgesteld door verschillende auteurs, die nuttig zijn om toe te voegen bij een update van deze studie.

De verschillende scenario's laten mogelijke transitiepaden of oriëntaties zien. Deze trajecten weerspiegelen belangrijke strategische keuzes die beleidsmakers nog moeten maken. De studie identificeert de belangrijkste oriëntatiekeuzes en evalueert hun relatieve investeringsbehoeften evenals de gevolgen voor hun terugkerende kosten/ besparingen.

Een gemeenschappelijk kenmerk van de scenario's in alle sectoren is het gebruik van talrijke hefboomen voor energie-efficiëntie (zoals de isolatie van gebouwen en de installatie van warmtepompen) en de invoering van niet-fossiele energie, voornamelijk door elektrificatie (voertuigen, warmtepompen, hernieuwbare energiebronnen en de versterking van elektriciteitsnetten). Deze scenario's verschillen echter aanzienlijk in hun afhankelijkheid van het matigen van de groei van of zelfs het verminderen van bepaalde activiteitsvolumes, zoals nieuwbouw of het aantal kilometers afgelegd met een eigen personenwagen (bijv. meer gebruik van carpooling of openbaar vervoer), of het verschuiven van bepaalde activiteiten (bijv. modal shift).

Uit de analyse en vergelijking van de scenario's komen vier algemene conclusies naar voren

Ten eerste wordt vastgesteld dat er tegen 2050 mogelijk zeer aanzienlijke investeringsniveaus zullen moeten worden gemobiliseerd. De geanalyseerde decarbonisatiescenario's leiden tot een gemiddelde totale investering (CAPEX) die gelijk is aan of, in de meeste gevallen, hoger is dan het niveau in 2024¹. Het investeringsniveau zou gemiddeld met ongeveer 25 miljard euro per jaar stijgen ten opzichte van 2024.

Ten tweede is er een significant verschil in de investeringsniveaus tussen de scenario's. Dit verschil wordt voornamelijk verklaard door de mate waarin de efficiëntiehefboomen worden gebruikt (vertaling

¹ Het investeringsniveau voor het jaar 2024 wordt geschat aan de hand van dezelfde berekeningsmethoden beschreven in de bijlagen, en is dus niet gebaseerd op de werkelijke investeringscijfers in 2024, aangezien deze niet beschikbaar zijn op het vereiste niveau van granulariteit.

van het Engels “sufficiency”). De vermindering van het volume van bepaalde activiteiten (zoals de afname van het aantal personenwagens en de vermindering van het aantal vierkante meters nieuwbouw) beperkt de totale investeringsvereisten in deze scenario's aanzienlijk.

De bijkomende investeringsuitgaven tussen 2025 en 2050 ten opzichte van de huidige situatie in 2024 zijn als volgt. Aan de bovenkant van de vork bedragen de extra investeringen gemiddeld 25 miljard euro (4,3% van het bbp) per jaar; wanneer investeringen worden meegerekend die geen verband houden met decarbonisatietechnologieën in de bouwsector, daalt dit bedrag tot 17 miljard euro (2,9% van het bbp). Aan de onderkant van de vork laten scenario's die het meest gebruik maken van efficiëntiehefbomen een stijging zien van gemiddeld 11 miljard euro (1,9% van het bbp) per jaar, een niveau dat tot bijna nul wordt teruggebracht door de daling van investeringen die geen verband houden met decarbonisatietechnologieën in de bouwsector.

Ten derde verandert de samenstelling van investeringen op sectorniveau.

- In de energieproductiesector verwachten alle bestudeerde decarbonisatiescenario's een drastische toename van de investeringsbehoeften. Deze toename wordt veroorzaakt door de stijgende vraag naar elektriciteit, de verschuiving in de energiemix naar koolstofarme bronnen en de noodzakelijke ontwikkeling van netwerken en intermitterend beheer. Dit resulteert in een toename van de investeringen van gemiddeld 3 tot 8 miljard euro per jaar ten opzichte van de situatie in 2024 (een drie- tot zevenvoudige toename).
- In de transportsector spelen verschillende effecten. Enerzijds leidt de aankoop van koolstofarme voertuigen tot hogere investeringskosten voor de vervanging van voertuigen. Anderzijds wordt, afhankelijk van de scenario's, een deel van deze mobiliteit verschoven naar openbaar vervoer (voornamelijk trein of bus). Deze alternatieven vereisen aanzienlijke extra investeringsuitgaven, maar de totale investering is nog steeds lager dan de vermindering die ze genereren in termen van individuele investeringen in voertuigen. Tot slot wordt in sommige scenario's de vraag naar individuele mobiliteit beperkt of verschoven naar actieve vervoerswijzen, waardoor de investeringsuitgaven direct dalen. In het algemeen leiden scenario's die weinig of geen gebruik maken van modal shift en mobiliteitsreductie tot investeringsuitgaven die tot 71% hoger liggen dan in 2024. Omgekeerd leiden scenario's die sterk berusten op modal shift en een daling van de mobiliteitsvraag tot een vermindering van de investeringsuitgaven met 6% ten opzichte van 2024.
- Op het niveau van de bouwsector is er een verschuiving of zelfs een transitie in de investeringsuitgaven van nieuwe gebouwen zonder decarbonisatietechnologieën voor gebouwen naar investeringsuitgaven voor de decarbonisatie van nieuwe gebouwen en, nog belangrijker, van bestaande gebouwen, inclusief afbraak en wederopbouw. Deze uitgaven voor de renovatie van bestaande gebouwen en de decarbonisatie van nieuwe gebouwen nemen in alle scenario's aanzienlijk toe. Ze stijgen tot een niveau van 7 tot 10 miljard euro.²

² Exclusief scenario's die uitgaan van een bijzonder hoog niveau van afbraak en wederopbouw, een hypothese die momenteel wordt herzien door de auteurs van deze scenario's.

Ter herinnering, de industriële sector kon niet in detail gemodelleerd worden en we verwijzen hiervoor naar specifieke studies over dit onderwerp (zie het deel over de industrie), waarin de bijkomende kapitaaluitgaven voor het koolstofarm maken van de industrie in België tegen 20250 worden geraamd tussen **10 en 40 miljard euro** (tussen 0,4 en 1,6 miljard euro per jaar). Deze marge moet bij de bovenstaande resultaten worden opgeteld om een volledig beeld te krijgen van de totale bijkomende investering.

Hierbij moet worden opgemerkt dat de bijkomende investeringsniveaus uit deze studies relatief laag lijken in vergelijking met de bijkomende investeringsuitgaven in de andere sectoren. Dit betekent echter niet dat deze bedragen niet significant kunnen zijn op het niveau van een specifieke bedrijfstak of onderneming.

Ten vierde verhogen alle decarbonisatiescenario's de investeringsuitgaven maar verlagen ze de operationele kosten in vergelijking met een referentiescenario zonder beleidswijzigingen. Vergelijken met het historische niveau zijn er slechts twee scenario's die de operationele kosten eerder beheersen dan verlagen.

Dit kan worden verklaard door een combinatie van twee factoren.

- Ten eerste omvatten veel decarbonisatiehefbomen investeringen die de energievraag verminderen. Voorbeelden hiervan zijn isolatie van gebouwen, modal shift en verbeteringen in energie-efficiëntie die mogelijk worden gemaakt door de elektrificatie van voertuigen.
- Aan de aanbodzijde steunt de toegenomen elektrificatie bovendien zwaar op hernieuwbare energiebronnen, die kapitaalintensiever zijn dan hun koolstofgebaseerde alternatieven. Bijgevolg leiden decarbonisatiescenario's tot een aanzienlijke verlaging van de operationele kosten (OPEX) die gepaard gaan met het gebruik van koolstofgebaseerde energie. Hoewel de prijs van elektriciteit en met name synthetische brandstoffen hoger kan zijn dan die van brandstoffen op basis van koolstof, zijn de totale kosten over het algemeen lager door de lagere verbruiksvolumes.

Implicaties voor het overheidsbeleid en toekomstig werk

De geanalyseerde scenario's berusten elk op een reeks hefbomen die decarbonisatie mogelijk maken. De keuze van het ene scenario boven het andere is een maatschappelijke/politieke beslissing waarbij rekening moet worden gehouden met tal van factoren die niet in dit rapport zijn onderzocht.

De bestudeerde scenario's specificeren niet het overheidsbeleid dat nodig is om de geïdentificeerde hefbomen mogelijk te maken. Toch mogen we aannemen dat overheidsingrijpen essentieel is om de hefbomen mogelijk te maken en de in deze studie geïdentificeerde investeringen te mobiliseren.

Dit rapport omvat de eerste fase van het werk en is gericht op het identificeren van investeringsbehoeften. Een tweede fase zou kunnen bestaan uit het analyseren van verschillende soorten overheidsinterventie vanuit het perspectief van overheidsinvesteringen.

Inhoudsopgave

1. Inleiding	1
2. Literatuuroverzicht	3
3. Onderzoeksvraag en methodologie	5
4. Scenario's en de drivers die ze activeren	10
5. Belangrijkste resultaten	15
5.1. Gebouwensector	15
5.1.1. Net zero benaderingen voor gebouwen	15
5.1.2. CAPEX en OPEX van de decarbonisatie van gebouwen	16
5.1.3. Kosten van energieverbruik in gebouwen: gevoeligheidsanalyse	19
5.2. Transportsector	20
5.2.1. Net zero benaderingen voor transport	20
5.2.2. CAPEX en OPEX van decarbonisatie van transport	22
5.2.3. Kosten van energieverbruik in transport: gevoeligheidsanalyse	26
5.3. Energiesector	27
5.3.1. Net zero benaderingen voor het elektriciteitsvoorzieningssysteem	27
5.3.2. CAPEX en OPEX van decarbonisatie van het elektriciteitsvoorzieningssysteem	30
5.3.3. Nieuwe energienetwerken	32
5.4. Industriesector	33
6. Aggregatie van de resultaten	36
6.1. Introductie	36
6.2. Scenario's en investeringsuitgaven: vergelijking van hun niveaus en samenstelling	37
6.2.1. Net zero benaderingen in verschillende sectoren	37
6.2.2. Investeringsuitgaven (CAPEX)	38
6.2.3. Operationele uitgaven (OPEX)	42
7. Overheidsinvesteringen en overheidsbeleid: pistes voor mogelijk verder onderzoek	44
Bibliografie	46

Lijst van figuren

Grafiek 1	Broeikasgasemissieprognoses voor België	6
Figuur 2	2022 BKG-emissies van België	7
Grafiek 3	Het model berekent 'bijkomende' investeringen tussen een referentie- en transitie scenario	8
Figuur 4	CAPEX en OPEX worden gemodelleerd met de activiteiten van het scenario als input	9
Figuur 5	Sectorale reikwijdte van de transitie scenario's	10
Figuur 6	Door de scenario's geactiveerde drivers	14
Figuur 7	3 net zero benaderingen in de bouwsector	16
Grafiek 8	Investeringen, onderhoud en energie-uitgaven voor de bouwsector	17
Grafiek 9	Kosten van energieverbruik in 2050 in de bouwsector, met verschillende aannames voor elektriciteitsprijzen (in miljard euro)	20
Figuur 10	2 en 3 net zero benaderingen in respectievelijk de personen- en vrachtovervoerssector	21
Grafiek 11	Investeringen, onderhoud en energie-uitgaven voor de transportsector	22
Grafiek 12	Uitsplitsing van EV en ICE-voertuigen - gecumuleerde CAPEX 2025-2050 (in miljard euro)	25
Grafiek 13	Infrastructuurinvesteringen - gecumuleerde CAPEX 2025-2050 (in miljard euro)	26
Grafiek 14	Kosten van energieverbruik in 2050 in de transportsector, met verschillende aannames voor elektriciteitsprijzen (in miljard euro)	27
Grafiek 15	Stroomvoorziening per bron in 2050 per scenario (in TWh)	28
Figuur 16	4 net zero benaderingen in de energiesector	29
Grafiek 17	Investeringen, onderhoud en energie-uitgaven voor de stroomvoorzieningssector	30
Grafiek 18	Investeringsbehoeften in net en flexibiliteit (jaarlijks gemiddelde 2025 tot 2050, in miljard euro)	32
Grafiek 19	CAPEX nieuwe energienetwerken (gecumuleerd 2025 tot 2050, in miljard euro)	33
Grafiek 20	Extra gecumuleerde kapitaaluitgaven voor de industriële sector tot 2050 (in miljard euro)	35
Figuur 21	Mate van activering van efficiëntiehefbomen voor verschillende decarbonisatie scenario's	38
Grafiek 22	Investeringuitgaven per scenario voor de beschouwde periode (2025-2050) vergeleken met 2024 (in miljard euro)	39
Grafiek 23	Investeringuitgaven per scenario voor de beschouwde periode (2025-2050) vergeleken met het With Existing Measures scenario (WEM) (in miljard euro)	40
Grafiek 24	Operationele uitgaven per scenario in 2050 (in miljard euro)	42

1. Inleiding

Als lid van de Europese Unie hangt de doelstelling van België om tegen 2050 de transitie te maken naar een net zero-emissie maatschappij af van aanzienlijke veranderingen in investeringspatronen. Niet alleen het niveau, maar ook de aard van de investeringen zal naar verwachting veranderen. Het inschatten van de investeringsbehoeften die nodig zijn om de economie koolstofarm te maken, is cruciaal om de macro-economische impact van de klimaattransitie in België te begrijpen en om het democratische en beleidsdebat te informeren.

De rol van overheidsinvesteringen in de klimaattransitie is essentieel en maakt deel uit van het onderzoeksmandaat van de Studiecommissie voor Overheidsinvesteringen (SCOI): 'het in kaart brengen van de behoeften en mogelijkheden voor overheidsinvesteringen, met name in het kader van de dubbele transitie (ecologisch en digitaal)³. Om gebruik te maken van de best beschikbare expertise op federaal niveau, heeft de SCOI dit onderzoek uitgevoerd in samenwerking met het DG Leefmilieu van de FOD Volksgezondheid.

De paper beantwoordt de volgende onderzoeksvraag: 'Wat zijn de bijkomende investeringsbehoeften om tegen 2050 net zero te bereiken in België?'. De aanvullende vraag 'welke rol de overheidsfinanciën hierin spelen' blijft dus over voor verder onderzoek.

Door deze vraag te onderzoeken, willen we niet alleen het niveau van de investeringsvereisten gedetailleerd weergeven, maar ook het relatieve gewicht van de sectoren waarin geïnvesteerd moet worden. We leggen de dynamiek uit die de drijvende kracht vormt achter de investeringsbehoeften in elk van de sectoren.

Deze studie volgt een metastudiebenadering aangezien ze zich baseert op de belangrijkste net zero transitie scenario's die de voorbije jaren gepubliceerd werden door zowel publieke als private actoren in België. Verder harmoniseert de analyse de hypothesen voor de kosten en bepaalde technologieën voor alle scenario's om de gevolgen ervan op een neutrale manier te kunnen vergelijken. Bijgevolg kunnen de investeringsniveaus die uit deze analyse afgeleid worden, enigszins afwijken van de niveaus die rechtstreeks door de auteurs van sommige van de geanalyseerde werken gerapporteerd worden.

De verschillende scenario's laten mogelijke transitiepaden of oriëntaties zien. Deze trajecten weerspiegelen belangrijke strategische keuzes die beleidsmakers nog moeten maken. Het ene pad kan bijvoorbeeld kiezen voor een hoge mate van elektrificatie in de transportsector, terwijl een ander pad ook kan opteren voor een modal shift. De studie identificeert de belangrijkste oriëntatiekeuzes en evalueert hun bijkomende investeringsbehoeften alsook hun recurrente kosten/besparingen, in vergelijking tot referentiescenario's, voor de sectoren die verantwoordelijk zijn voor 90% van de BKG-uitstoot in België.

Het tweede deel van deze studie bestaat uit een literatuuroverzicht van de belangrijkste internationale en Belgische studies over de investeringsbehoeften voor klimaatmitigatie en de transitie naar een net zero economie. Hoofdstuk drie gaat dieper in op de onderzoeksvraag en beschrijft de belangrijkste

³ Koninklijk Besluit van 16 februari 2023.

bouwstenen van de gebruikte methodologie. Het vierde deel geeft een samenvatting van de beoordeelde scenario's en de belangrijkste transitiehefbomen die ze activeren (sufficiëntie, efficiëntie en technologie). In het vijfde deel worden de belangrijkste resultaten gepresenteerd en besproken, in termen van schattingen van sectorale investeringen en operationele uitgaven. In hoofdstuk zes geeft een overzicht van de totale bijkomende investeringen en de gevolgen daarvan. De paper eindigt met pistes voor verder onderzoek.

2. Literatuuroverzicht

In het huidige streven om tegen 2050 een net zero-uitstoot te bereiken, moeten de financiële en investeringsdimensie van de klimaattransitie onderzocht en beter begrepen worden om beleidskeuzes te sturen, rekening houdend met de beperkingen op openbare en particuliere financiën. Hoewel 2050 ver in de toekomst klinkt, is het nu de tijd om deze aan te pakken, gezien de decennialange levenscyclus van bedrijfsmiddelen en de tijd die nodig is om gedrag aan te passen.

Op dit moment zijn er op internationaal en nationaal niveau al een aantal studies uitgevoerd naar de extra investeringen die de economie nodig heeft om de gevolgen van de klimaatverandering te beperken. Deze wijzen op een behoefte van gemiddeld 2 tot 3% van het mondiale bbp tot 2050 (zie hieronder).

Veel van de literatuur wijst in dezelfde richting en maakt melding van een aanzienlijke investeringskloof tussen de huidige financiering voor de klimaattransitie en wat er nodig is om tegen 2050 een net zero economie te bekomen. Verschillende instellingen hebben onderzoek gedaan naar analoge vragen, op basis van een reeks verschillende methodologieën in verschillende geografische regio's en sectoren. In dit rapport wordt verwezen naar verschillende van deze studies, die waardevolle inzichten bieden voor ons werk. De literatuur geeft over het algemeen geen schatting van de jaarlijkse bijkomende investeringskosten tot 2050.

Het IEA (2021) en IRENA (2021) schatten de totale investeringsbehoeften op ongeveer 4,8 tot 5 biljoen US-dollar per jaar om op wereldschaal net zero te bereiken. Op vergelijkbare wijze heeft BNEF (2022) een totale investeringskloof berekend van 4,5 biljoen US-dollar per jaar. Het is echter belangrijk op te merken dat deze schattingen slechts een beeld geven tot 2030. Toch kunnen we gerust stellen dat de vooruitgeschoven cijfers tot 2030 ongeveer drie keer zo hoog zijn als de totale investering in 2023, die volgens het IEA en IRENA schommelde tussen 1,8 en 2 biljoen US dollar.

Er zijn ook studies uitgevoerd op Europees niveau. Het Institut Rousseau (2024) en I4CE, het Institute for Climate Economics (2024), hebben berekend dat er respectievelijk 360 en 406 miljard euro extra per jaar nodig zal zijn om in 2050 in de EU net zero te bereiken. Dit impliceert een behoefte van ongeveer 2-3% van het huidige bbp van de EU-27. Bovendien benadrukt het Institut Rousseau dat het leeuwendeel van de totale investeringsbehoefte van 1.520 miljard euro tot 2050 geconcentreerd zal zijn in de transport- en gebouwensector (respectievelijk 45% en 29%). Toch wordt 360 miljard euro van dit bedrag beschouwd als extra investeringen in vergelijking met een business-as-usual scenario. De meeste extra investeringsbehoeften liggen in de sectoren gebouwen en energie (respectievelijk 39% en 22%).

Eerder in 2025 publiceerde de ECB⁴ een grondige analyse van de extra investeringsbehoeften tegen 2030 om de EU koolstofarm te maken. De analyse bevat een overzicht van de literatuur op EU-niveau en komt met cijfers van 2,9% tot 4,0% van het bbp van de EU aan extra investeringsbehoeften per jaar ten opzichte van de huidige niveaus. Ze benadrukken ook de grote mate van onzekerheid van de schattingen. Ze benadrukken dat zowel de private als de publieke sector een rol moeten spelen bij het kanaliseren van deze financiering. Verder schat het vlaggenschiprapport van Mario Draghi over de toekomst

⁴ In de bibliografie vermeld onder de auteurs Nerlich et al. (2025)

van het Europese concurrentievermogen (2024) dat de EU haar investeringen met 5 procentpunten van haar huidige bbp zal moeten verhogen om het concurrentievermogen te verbeteren. Dit omvat niet alleen de investeringen die erop gericht zijn om in 2050 net zero te bereiken. Er wordt ook uitgegaan van een extra investeringsbehoefte van 340 miljard euro tussen 2025 en 2040 om de vier grootste koolstofintensieve industriële sectoren⁵ in de EU koolstofarm te maken.

Op nationaal niveau blijven de gegevens nogal heterogeen: slechts een beperkt aantal bronnen heeft de extra investeringsbehoefte voor individuele landen berekend. De meest opvallende studies zijn uitgevoerd in het Verenigd Koninkrijk (CCC, 2020) en Frankrijk (Pisani-Ferry & Mahfouz, 2023). Uit deze studies blijkt dat er extra investeringen nodig zijn van respectievelijk 56 miljard en 85 miljard euro, wat neerkomt op 2 tot 3% van het bbp.

Wat België betreft, kunnen we zes publicaties noemen die deze vragen behandelen:

- Een deel van het NEKP⁶ richt zich op de investeringen die nodig zijn om de ambities van landen te verwezenlijken en schat deze, met weinig details, op 60 miljard euro gecumuleerd tot 2030. Van het Belgische NEKP wordt echter niet verwacht dat het tegen 2050 zal leiden tot een net zero uitstoot.⁷
- McKinsey (2023) berekende een gemiddelde jaarlijkse bijkomende investeringsbehoefte, die overeenstemt met 2 tot 3% van het bbp van België in 2022.
- De Nationale Bank van België (2024) schat aan de hand van ruwe berekeningen dat de reductiekosten voor klimaatneutraliteit in België circa 17 miljard euro per jaar bedragen, ongeveer 3,5% van het huidige bbp en tussen 2 en 3% van het bbp van 2050.
- EnergyVille (2022) evalueerde de investerings- en O&M-kosten in verband met de energie- en klimaattransitie, maar zonder de baseline te delen die het mogelijk zou maken om de *bijkomende* investeringen te beoordelen.
- EPOC (2023), BFP (2022), Elia (2022) hebben de energiesysteemkosten in een klimaatneutraliteitscontext beoordeeld in een beperktere context, namelijk enkel de elektriciteitssysteemkosten.

De bestaande studies hebben dus verschillende tijdshorizonten, sectorale reikwijdtes of referentiepunten, waardoor ze moeilijk te vergelijken zijn. Deze studie beoogt de investeringen van verschillende transitie-scenario's te vergelijken en volgt daarom een holistische en gemeenschappelijke benadering voor de opgenomen sectoren, het bereiken van de klimaatdoelstellingen (net zero tegen 2050) en de mate van detail met betrekking tot de variabelen van elke sector, om uiteindelijk de financiële impact te onderzoeken (investeringen/kapitaaluitgaven en terugkerende/operationele uitgaven).

⁵ Chemie, metalen, niet-metaalhoudende mineralen en pulp- en papierproducten

⁶ Nationaal Energie- en Klimaatplan

⁷ Federaal Planbureau (2024), Energievooruitzichten van België bij aangekondigd beleid

3. Onderzoeksvraag en methodologie

Het mandaat van de SCOI verwijst naar de ecologische transitie, hetgeen wij opvatten als een allesomvattende term voor verschillende milieu- en sociaaleconomische kwesties. Het Stockholm Resilience Centre bijvoorbeeld definieert niet minder dan 9 planetaire grenzen waarnaar moet worden gekeken voor een ecologische transitie, waaronder klimaatverandering door broeikasgasemissies, verlies van biodiversiteit en verandering in landgebruik, verzuring van de oceaan, en de toegang en het gebruik van zoetwater.

Bij de aanpak van klimaatverandering worden meestal drie categorieën van acties onderscheiden: mitigatie⁸, adaptatie⁹ en het herstel van verlies en schade¹⁰. Dit werk focust op mitigatie, d.w.z. alle acties die helpen om de doelstelling van net zero broeikasgasemissies tegen 2050 voor de Belgische economie te bereiken. Er moet echter worden opgemerkt dat mitigatiebenaderingen overloopeffecten kunnen hebben op adaptatie-inspanningen en/of andere planetaire grenzen.

De belangrijkste doelstelling van dit rapport is om voor de belangrijkste mogelijke paden naar net zero een grootorde-raming te geven van de kosten en de terugkerende besparingen, om de besluitvormers in de publieke en privésector in België te informeren.

Deze kosten en potentiële besparingen worden per belangrijke emissiesector geschat om tegen 2050 een net zero uitstoot van broeikasgassen in België te bereiken. De schattingen zijn gebaseerd op verschillende transitie-scenario's die de afgelopen jaren door publieke en private actoren zijn gepubliceerd (zie hieronder). De analyse harmoniseert de kostenaannames (en deels de technologische aannames) van deze verschillende scenario's om hun financiële implicaties te kunnen vergelijken.

In dit hoofdstuk definiëren we onze onderzoeksvraag en relevante variabele (extra investeringsbehoeften), beschrijven we de economische sectoren waarop de analyse betrekking heeft en lichten we onze scenario- en modelbenadering verder toe.

Onderzoeksvraag

Het Belgisch Nationaal Energie- en Klimaatplan (NEKP), de officiële klimaatveranderingsstrategie van België, geeft een projectie van de emissies tot 2030 in een situatie 'met bestaande maatregelen' (WEM, voor 'with existing measures') en in een situatie 'met bijkomende maatregelen' (WAM, voor 'with additional measures'). Grafiek 1 toont de geschatte emissiepaden voor deze WEM- en WAM-trajecten tot 2050. Hieruit blijkt dat België nog niet op koers ligt om zijn klimaatneutraliteitsdoelstellingen voor 2050 te halen.

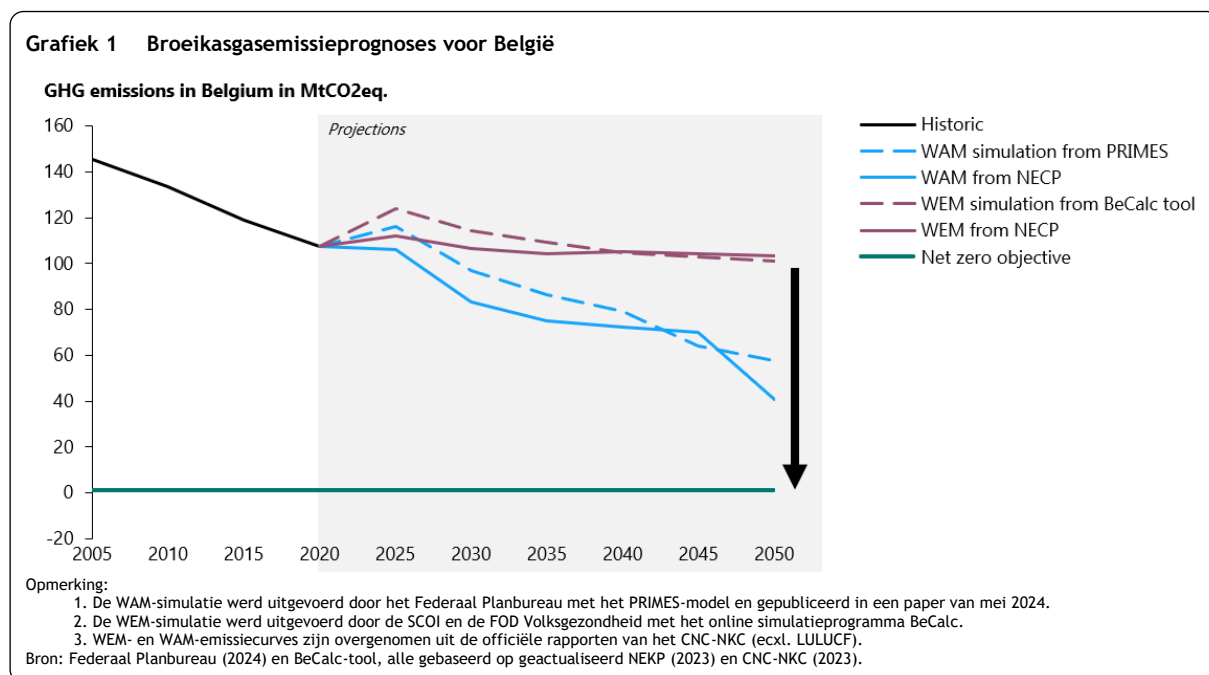
Deze paper probeert daarom een antwoord te bieden op de onderzoeksvraag: 'Wat zijn de bijkomende investeringsbehoeften om tegen 2050 net zero te bereiken in België?'. Om *bijkomende* investeringen te

⁸ acties die betrekking hebben op de vermindering van broeikasgasemissies

⁹ acties voor aanpassing aan de gevolgen van klimaatverandering

¹⁰ acties die te maken hebben met het herstellen van schade die is veroorzaakt door gevaren als gevolg van klimaatverandering

kunnen onderbouwen, is het essentieel om een referentiebenchmark vast te stellen waarmee kan worden vergeleken (zie hieronder).



Relevante variabelen

Deze analyse richt zich op de kapitaaluitgaven (CAPEX) voor fysieke investeringen en de bijbehorende operationele uitgaven (OPEX). De kapitaaluitgaven reiken soms verder dan de boekhoudkundige categorie van de bruto-investeringen in vaste activa en omvatten ook duurzame consumptiegoederen zoals personenwagens. De operationele uitgaven kunnen zowel vast als variabel zijn en hebben betrekking op exploitatie en onderhoud of het gebruik van energievectoren. Alle prijzen zijn uitgedrukt in euro's van 2024 en omvatten alle belastingen (accijnzen, btw, ETS¹¹). CAPEX bevatten geen veronderstellingen over kapitaalkosten.¹²

Niet-fysieke investeringen, zoals onderzoek en ontwikkeling (O&O), investeringen in human resources en de ontwikkeling van trainingsprogramma's, zijn niet inbegrepen. Ook investeringen voor aanpassing, verlies en schade worden niet expliciet meegenomen. Sommige mitigatie-investeringen, zoals thermische isolatie van woningen, kunnen echter wel positieve externe effecten hebben op adaptatie-inspanningen..

Sectorale reikwijdte

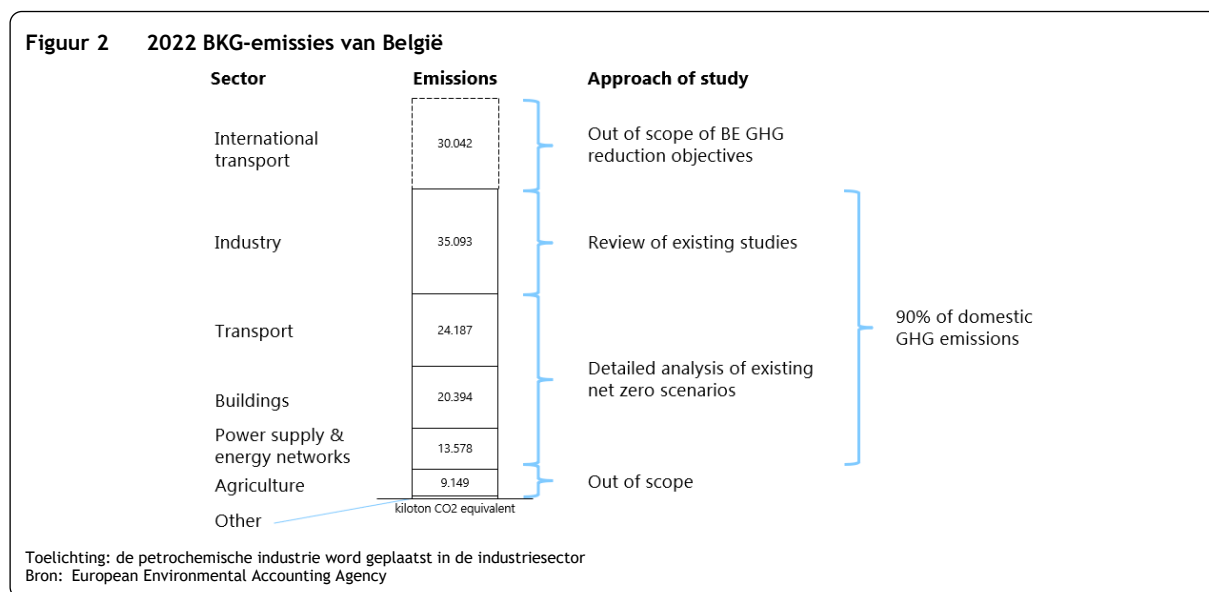
De analyse heeft betrekking op 4 belangrijke broeikasgasemissiesectoren: elektriciteitsvoorziening en energienetwerken, gebouwen, transport en industrie.¹³ Zoals te zien is in figuur 2, vertegenwoordigen

¹¹ 'Emissions Trading System 1' of Emissiehandelssysteem 1, Europees BKG-emissie prijsmechanisme voor de energiesector en de industrie met hoge emissies

¹² WACC wordt op 0 gehouden

¹³ We beschouwen de petrochemische industrie als onderdeel van de industriële sector, omdat de transitie scenario's een toekomst zonder fossiele brandstoffen als energiedrager voorstaan.

deze sectoren 90% van de Belgische binnenlandse broeikasgasemissies in 2022.¹⁴ Internationaal zee- en luchtvervoer, landbouw, afvalverwerking en LULUCF-sectoren¹⁵ vallen hier niet onder.



Voor de sectoren elektriciteitsvoorziening en energienetwerken, gebouwen en transport hebben we een gedetailleerd bottom-up technisch-economisch model gebouwd dat de investeringsbehoeften per sector voor de verschillende scenario's berekent. Voor de industriële sector geven we een marge tussen een minimale en maximale investeringsbehoefte op basis van literatuurschattingen.

In de modellering hebben we 14 subsectoren binnen de energie-, gebouwen- en transportsector geïdentificeerd, die werden beschouwd als de belangrijkste subsectoren voor het bereiken van de transitie (bijv. personenauto's, spoorwegen, renovatie van gebouwen, elektriciteitsnetten, waterstofnetwerken enz., zie de volledige lijst in figuur 5).¹⁶

Keuze van referentiescenario's

Zoals vermeld in de vorige secties, is het doel van deze studie om de bijkomende investeringsbehoeften te bepalen voor een reeks net zero emissiescenario's voor België. Daarom is het noodzakelijk om een te definiëren waarmee de scenario's vergeleken kunnen worden om het gedeelte van de investering te bepalen dat bijkomend is. Deze referentie moet noodzakelijkerwijze dezelfde reikwijdte hebben (sectoren, tijdsduur, granulariteitsniveau) als de net zero scenario's.

Het is belangrijk op te merken dat de definitie van een referentie een aanzienlijke invloed heeft op de eindresultaten en de manier waarop deze moeten worden geïnterpreteerd. Dit komt omdat de keuze van de referentie bepaalt wat wordt opgenomen in het referentiescenario en wat wordt beschouwd als

¹⁴ Cijfers zijn afkomstig van het Europees Milieuagentschap

¹⁵ Land Use, Land Use Change and Forestry

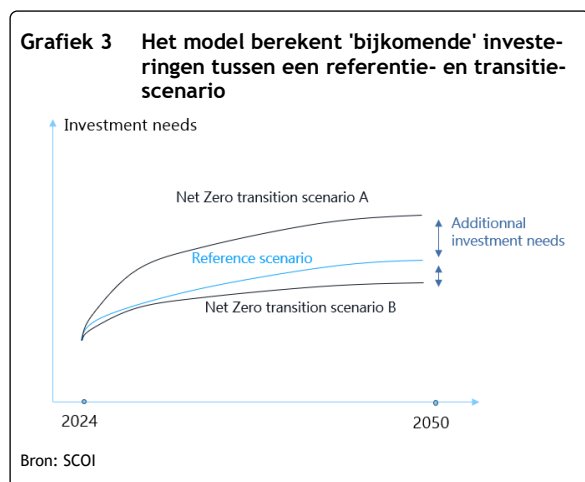
¹⁶ Binnen de transportsector zijn de metro en trams opvallend buiten beschouwing gelaten, waarvoor in de scenario's geen duidelijke ontwikkeling wordt besproken, evenmin als motorfietsen of actieve mobiliteitsmiddelen zoals fietsen. Binnen de energiesector werden de conversieactiva voor de productie van biomassa, e-brandstoffen en de opslag van deze gassen en vloeistoffen niet geraamd. Voor gebouwen zijn zaken als structurele versterking van gebouwen wanneer er ingrijpende renovaties nodig zijn of het gebruik van efficiëntere elektrische apparaten niet inbegrepen. Zie de volledige lijst van wat wel en niet is opgenomen in het model in Bijlage 5, 6 en 7.

“bijkomende investering”, wat altijd voor discussie vatbaar is. Er zijn dus verschillende referentiekouzes mogelijk en we besloten er twee te selecteren.

We hebben een scenario 'met bestaande maatregelen' (WEM) gebaseerd op het Belgisch Nationaal Energie- en Klimaatplan (NEKP) gereconstrueerd met behulp van de 'Pathways 2050 BeCalc Explorer'-tool, online gepubliceerd door de FOD Volksgezondheid.¹⁷ Dit scenario bereikt geen net zero tegen 2050, maar omvat wel al enkele mitigatie-investeringen die de broeikasgasemissie beperken, voornamelijk voor hernieuwbare elektriciteitsproductiecapaciteit. Het is ook belangrijk om op te merken dat de hypothese van nieuwbouw van dit scenario relatief hoog is, wat een impact heeft op de eindresultaten.

Een ander referentiescenario is gebaseerd op de investeringsniveaus van 2024. Dit scenario gaat ervan uit dat de investeringsniveaus constant blijven op het niveau van 2024 gedurende de periode 2025-2050. Het investeringsniveau voor het jaar 2024 wordt geschat met behulp van dezelfde berekeningsmethoden als beschreven in de bijlagen, en is daarom niet gebaseerd op werkelijke investeringscijfers in 2024, aangezien deze niet beschikbaar zijn op het vereiste granulariteitsniveau.

De *bijkomende* investeringsbehoeften voor België worden gedefinieerd en berekend als het verschil tussen de investeringsbehoeften in de transitie-scenario's en die in het referentiescenario¹⁸ (zie grafiek 3), van 2025 tot en met 2050. De gemiddelde jaarlijkse bijkomende investeringsbehoeften zijn de cumulatieve extra behoeften gedeeld door 25 jaar. In elke figuur wordt (worden) de gebruikte referentie(s) expliciet vermeld.



Modelleringsaanpak en berekeningslogica

We gebruiken een bottom-up benadering, vertrekkend van de bestaande net zero scenario's voor België.¹⁹ De geselecteerde net zero scenario's wordt beschreven in de volgende paragraaf. Beschikbare activiteitsgegevens²⁰ worden verzameld voor alle scenario's en waar nodig aangevuld met eigen hypothesen (zie Bijlage 5, 6 en 7 voor meer informatie over de methodologie). Geharmoniseerde hypothesen voor eenheidskosten worden vervolgens toegepast op elke activiteit om de totale kapitaaluitgaven/investeringen ('CAPEX') en terugkerende uitgaven ('OPEX') af te leiden.

¹⁷ De simulatie met de tool werd uitgevoerd om de beleidsmaatregelen uit het NEKP zoveel mogelijk te reproduceren, zodat de investeringsbehoeften in het WEM-scenario op basis van een reeks activiteiten op een vergelijkbare manier konden worden gemodelleerd als in de andere scenario's. De gesimuleerde WEM komt overeen met de officiële WEM-curves van het NEKP voor de vier sectoren die in dit werk zijn geanalyseerd.

¹⁸ Het referentiescenario impliceert zelf extra investeringen in vergelijking met de huidige situatie als gevolg van demografie, economische activiteit of bepaald beleid.

¹⁹ We nemen geen toevlucht tot de vaak gebruikte methode van 'reductiekostencurves' waarmee we geen gedetailleerde modellering per sector, subsector en activatypen kunnen maken. Reductiecurves classificeren activiteiten of technologieën op basis van hun BKG-intensiteit en hun kosten. Dit maakt het mogelijk om activiteiten of technologieën te rangschikken volgens hun kosteneffectiviteit bij het verminderen van de uitstoot van broeikasgassen.

²⁰ Met activiteitsgegevens bedoelen we gegevens die het activiteitsniveau van de scenario's beschrijven, zoals: passagierskilometers per auto of trein, aantal auto's, tonkilometer per vrachtwagen, schip of trein voor vracht, totale bebouwde oppervlakte, renovatiegraad van gebouwen, totale geïnstalleerde elektriciteitsopwekkingscapaciteit van zonne- of windenergie enz.

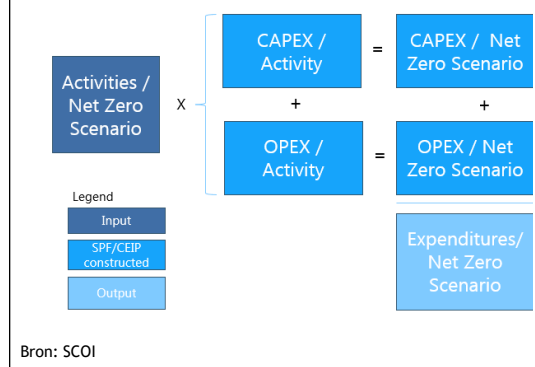
Met andere woorden, de activiteitenmixen zijn inputs in ons model die rechtstreeks zijn afgeleid van de verschillende scenario's, terwijl de kostenfactoren onze eigen schattingen zijn. De kostenharmonisatie is nodig voor een consistente vergelijking van de gevolgen van de transitie scenario's. Als gevolg hiervan kunnen de investeringsramingen afwijken van de ramingen die soms door auteurs van scenario's naar voren worden (zie literatuuronderzoek).

Wanneer het nodig is om investeringsbehoeften of OPEX te berekenen, gebruiken we ook een aantal gemeenschappelijke hypothesen voor elke technologie in alle scenario's (bijv. efficiëntiepercentages, levensduur van activa enz.). De volledige lijst is opgenomen in Bijlage 4.

Unitaire kosten- en prijshypothesen

De kostenhypothesen omvatten veronderstellingen over drie soorten kosten per eenheid: investeringskosten (CAPEX), operationele en onderhoudskosten en energiekosten (OPEX). Deze CAPEX- en OPEX-eenhedenkosten zijn gevonden in de literatuur en omvatten veronderstellingen over prijsevoluties tot 2050 (voor de volledige lijst van kostenhypothesen, zie Bijlage 3). De OPEX van het energieverbruik hangt vooral af van de prijsevolutie van energievectoren, waarvoor we twee scenario's beschouwen (prijzen in een referentiescenario en prijzen in transitie scenario's²¹). We voeren gevoeligheidsanalyses uit op hogere energieprijzen voor de gebouwen- en transportsector om de robuustheid van onze berichten te testen, aangezien de projecties voor energieprijzen met aanzienlijke onzekerheden worden geconfronteerd.²²

Figuur 4 CAPEX en OPEX worden gemodelleerd met de activiteiten van het scenario als input



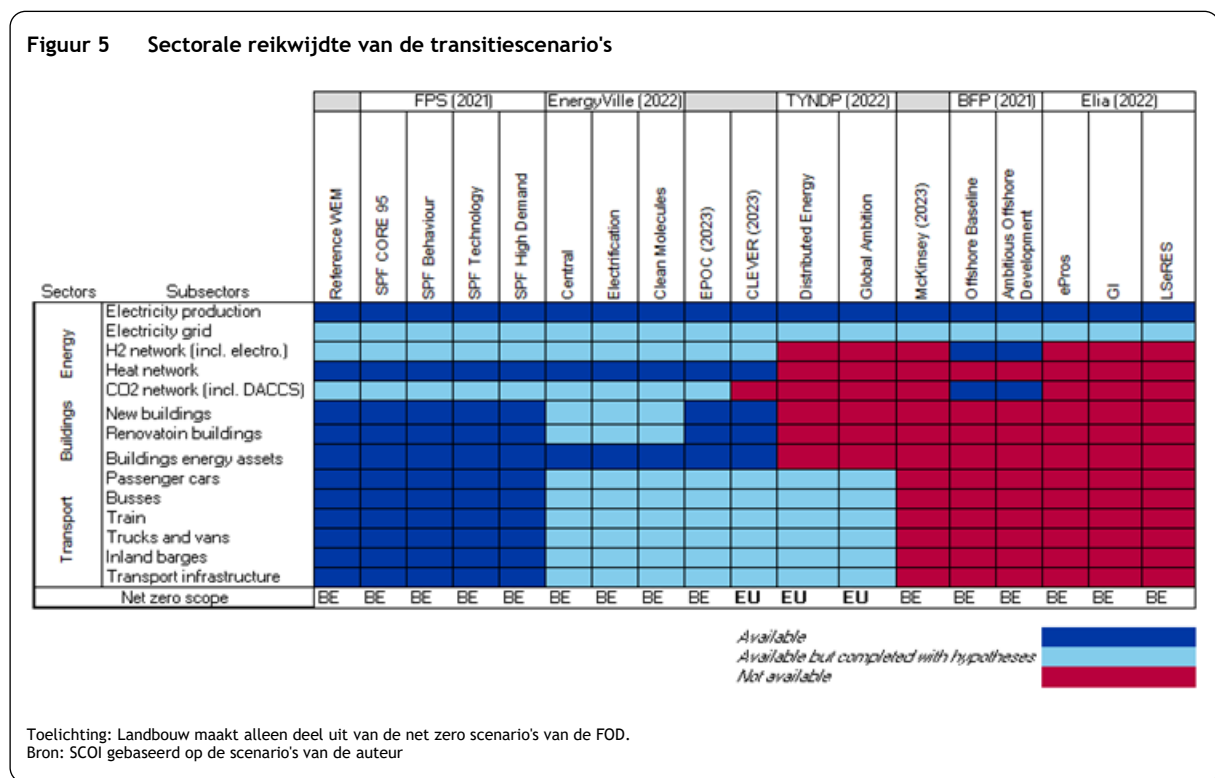
²¹ In deze referentie- en transitie scenario's wordt verondersteld dat België en de rest van Europa consequent in een WEM- of transitie scenario zitten, aangezien de koers die andere landen volgen een invloed heeft op de prijsniveaus van energievectoren in België.

²² Daarom worden energieprijzen als exogeen voor het model beschouwd. Behalve voor het referentiescenario worden de brandstofprijzen niet beïnvloed door het specifieke transitiepad van de verschillende transitie scenario's.

4. Scenario's en de drivers die ze activeren

Zoals beschreven in het hoofdstuk over de methodologie, is onze analyse gebaseerd op een reeks bestaande transitie-/neutraliteitsscenario's. Deze scenario's worden vervolgens vergeleken met een referentiescenario dat uitgaat van geen grote veranderingen in investeringspatronen en leidt niet tot net zero broeikasgasemissies in 2050. De transitie-scenario's daarentegen modelleren de veranderingen die nodig zijn om over te schakelen naar net zero emissies in 2050.

We voeren een metastudie uit waarin de verschillende transitietrajecten van verschillende auteurs die voor België beschikbaar zijn, worden bekeken. Deze scenario's hebben een verschillende reikwijdte en zijn gebaseerd op verschillende modelleringsbenaderingen. Figuur 5 toont de sectoren en subsectoren waar elk scenario activiteitsgegevens levert die nodig zijn om de metastudie uit te voeren.



De steekproef die we hebben verzameld bestaat uit 17 transitie-scenario's van 8 verschillende auteurs. Al deze scenario's bereiken net zero broeikasgasemissies voor België tegen 2050, behalve de Clever- en TYNDP-scenario's die gebaseerd zijn op Europese modellen en waarbij de resterende emissies in een bepaald Europees land gecompenseerd kunnen worden door netto negatieve emissies in een ander Europees land. Wanneer scenario's onvoldoende gegevens hadden over de activiteiten die ze voor bepaalde sectoren voorstelden, werden ze ofwel aangevuld met hypothesen of werd de subsector uit de

steekproef gelaten. Meer details over de gebruikte hypothesen zijn te vinden in Bijlage 5, 6 en 7. De geselecteerde transitie scenario's zijn de volgende:

- FOD²³ (2021). De Federale Overheidsdienst Volksgezondheid (Directoraat-Generaal Leefmilieu) heeft 4 net zero scenario's uitgewerkt. Het 'SPF Behaviour'-scenario legt de nadruk op transformationele veranderingen in mobiliteit, huisvesting en voedingspatronen, terwijl het 'SPF Technology'-scenario meer vertrouwt op technologische ontwikkelingen. Een 'SPF CORE 95'-scenario wordt gedefinieerd op basis van een evenwichtige benadering tussen deze twee dimensies. Een vierde scenario, het 'SPF High Demand'-scenario, onderzoekt de gevolgen van een traject dat wordt gekenmerkt door een aanzienlijk hogere energievraag dan in de andere klimaatneutrale scenario's en door gelijkblijvende industriële productievolumes in 2050 in vergelijking met 2015.
- EnergyVille (2022). Er zijn drie 'PATHS2050'-scenario's ontwikkeld met behulp van het TIMES-Be-model, dat het meest kosteneffectieve traject berekent waarmee tot 2050 aan de energievraag kan worden voldaan. De scenario's gaan uit van een constante productie in de industriële sector en richten zich voornamelijk op oplossingen voor energietechnologie en -efficiëntie aan zowel de vraag- als de aanbodzijde, zonder rekening te houden met significante veranderingen in consumentengedrag of maatschappelijke verschuivingen. In alle drie de scenario's leiden uitfasering van fossiele brandstoffen, elektrificatie en het gebruik van schone moleculen nog steeds tot een rest van 2 miljoen ton broeikasgasemissies, gecompenseerd door andere maatregelen om netto neutraliteit te bereiken.
- EPOC (2023). Verschillende auteurs van VITO-EnergyVille en het ICEDD hebben gecombineerde expertise van verschillende modellen voor stroomdistributie, geschiktheid, transport en gebouwen gebruikt om dit scenario te construeren. Op die manier hebben ze een versie van het TIMES-energiemodel gecreëerd die gedetailleerd is op regionaal niveau en rekening houdt met lokale bijzonderheden (een tri-regionale Belgische TIMES). De volledige decarbonisatie wordt voornamelijk gerealiseerd door een aanzienlijke stimulans in elektrificatie, waarvoor een deel van de vraag wordt gedekt door import. Het scenario presenteert ook een alternatief pad met binnenlandse nucleaire productie. Dit alternatief werd niet opgenomen in het model, in overeenstemming met de beslissing om kernenergie uit te faseren op het moment van deze studie.
- Het CLEVER-scenario ('Collaborative Low Energy Vision for the European Region') voegt nationale visies samen tot één Europese visie. Het werd in 2023 ontwikkeld door een consortium van Europese nationale en Europese scenariobouwers uit de academische wereld, de onderzoekswereld of het maatschappelijk middenveld. Om dit te bereiken beoordeelt en mobiliseert het scenario het potentieel voor vermindering van de vraag naar energie dat mogelijk wordt gemaakt door efficiëntie en efficiëntie, en de energie die kan worden geleverd door de ontwikkeling van hernieuwbare energie, zowel op nationaal als op Europees niveau.
- TYNDP (2022). Er worden twee scenario's ontwikkeld om de energievraag en het energieaanbod op lange termijn te projecteren voor het opstellen van de tienjarige netontwikkelings-

²³ Federale overheidsdienst

plannen ('Ten-Year Network Development Plan', TYNDP) van het ENTSB-G (Europees netwerk van transmissienetstelselbeheerders voor gas) en het ENTSB-E (Europees netwerk van transmissienetstelselbeheerders voor elektriciteit) binnen de context van de huidige energietransitie. Het 'Distributed Energy'-scenario streeft naar energieautonomie dankzij hernieuwbare energiebronnen. Het 'Global Ambition'-scenario is gebaseerd op een breed scala aan koolstofarme technologieën en het gebruik van wereldwijde handel in koolstofarme energie.

- McKinsey (2023). In juni 2023 publiceerde McKinsey & Company een rapport getiteld 'Net zero or growth? How Belgium can have both' waarin een traject wordt uitgestippeld waarmee België zijn klimaatneutraliteitsdoelstellingen kan halen. In dit rapport werd de 'Decarbonization Scenario Explorer'-tool van McKinsey gebruikt om de ontwikkeling van meer dan 50 economische activiteitensectoren te modelleren met kostencurves voor broeikasgasreductie die samenhangen met verschillende technologische oplossingen.
- FPB²⁴ (2021). Het Federaal Planbureau heeft twee scenario's ontwikkeld met behulp van het optimale dispatchmodel van Artelys Crystal Super Grid. De vraagprognoses zijn gebaseerd op een eerdere publicatie van het Federaal Planbureau (Devogelaer, 2020), maar ze onderzoeken variaties in de elektriciteitsvoorzieningsstrategie. Het 'Offshore Baseline'-scenario omvat de installatie van één offshore hybride hub in Deense wateren, die zowel windopwekking als interconnectie mogelijk maakt. Het 'Ambitious Offshore Development'-scenario omvat twee hybride hubs: een in Deense wateren en een extra hub in Nederlandse territoriale wateren.
- Elia (2022). Elia voert om de vier jaar een 'Federaal Ontwikkelingsplan'-studie uit om de behoeften voor de ontwikkeling van het elektriciteitsnet te evalueren. Hiertoe ontwikkelt Elia verschillende scenario's die vervolgens worden vertaald in een load-flow model. Het E-Prosumer (ePros)-scenario bouwt voort op de 'Distributed Energy'-verhaallijn van het TYNDP, waarbij decarbonisatie autonoom wordt bereikt door elektrificatie, energie-efficiëntie, flexibiliteit en hernieuwbare energie. Het 'Global Import'-scenario (GI) gaat uit van een toekomst met lagere ambities voor elektrificatie en energie-efficiëntie, gecompenseerd door een koolstofarme energiehandel. Dit scenario sluit aan bij de 'Global Ambition'-verhaallijn van het TYNDP. Het 'Large-Scale e-RES'-scenario (LSeRES) combineert elementen uit de twee vorige scenario's. Het heeft hogere elektrificatieniveaus dan het GI-scenario, naast een aanzienlijke penetratie van hernieuwbare energiebronnen.

Andere transitie scenario's werden geïdentificeerd maar om verschillende redenen niet in de metastudie opgenomen.

- Elia Blueprint (september 2024). In deze studie neemt Elia nieuwe scenario's voor de totale vraag naar elektriciteit voor België onder de loep op basis van de scenario's van andere actoren die we ook in onze meta-analyse hebben opgenomen. Dit zijn 'Global Ambition' en 'Distributed Energy' van het TYNDP (2024), 'Shift' van EnergyVille en een elektrificatiescenario. Het is echter onduidelijk welke productiecapaciteiten in de 'Blueprint'-studie aan deze scenario's zijn gekoppeld. Daarom worden deze scenario's in dit document niet uitgebreid gemodelleerd.

²⁴ Federaal Planbureau

- EnergyVille Shift (2024). Het nieuwste scenario van EnergyVille dat streeft naar meer efficiëntie dan de oorspronkelijke PATHS2050-publicatie werd grondig bestudeerd, maar uiteindelijk om twee redenen niet in de selectie opgenomen. Ten eerste is het scenario niet nauwkeurig genoeg voor verschillende activiteitsgegevens en vereist het een te groot aantal hypothesen om in ons model te kunnen worden geïntegreerd. Ten tweede, wanneer het scenario met eigen hypothesen wordt gemodelleerd, zijn de resultaten niet significant verschillend van de andere EnergyVille-scenario's, wat weinig waarde toevoegt aan de analyse.
- 'Deep Electrification'- en 'Diversified Energy Supply'-scenario's van 2020 van BPF²⁵. Deze werden nauwkeurig bestudeerd en uiteindelijk weggelaten om twee belangrijke redenen. Ten eerste werden ze ontworpen als 'stresstest'-scenario's om extreme transitie situaties te beoordelen, uitgaande van aannames als 'alle waterstof die in de economie wordt gebruikt, wordt in eigen land geproduceerd'. Ten tweede sluiten de beleidskeuzes die in de tussentijd zijn gemaakt hen uit. Ze gaan bijvoorbeeld uit van gascentrales met CCS in 2050, wat niet langer deel uitmaakt van de politieke agenda.

Transitiedrivers

De scenario's die in deze studie zijn gebruikt, laten verschillende beleidsoriëntaties voor de transitie zien. Om klimaatneutraliteit te bereiken, combineren de scenario's verschillende soorten hefboomen: efficiëntie, efficiëntie en technologie.

Sufficiëntiemaatregelen veranderen in wezen het volume van activiteiten (bijv. afgelegd aantal km per persoon, totaal energieverbruik, vierkante meter gebouwen per persoon). Efficiëntiemaatregelen verminderen het energieverbruik per eenheid van activiteit (bijv. thermische isolatie van gebouwen vermindert het energieverbruik om dezelfde temperatuur in het gebouw te behouden). Technologische maatregelen bestaan uit het vervangen of verbeteren van fysieke activa door activa met verschillende technologieën voor dezelfde dienst om de uitstoot te verminderen (bijv. elektrische auto in plaats van thermische, warmtepomp in plaats van traditionele thermische verwarming).

Grofweg kunnen we deze hefboomen relateren aan de verschillende termen van een op Kaya geïnspireerde identiteit voor elke sector. Deze identiteit koppelt koolstofemissies aan activiteits-, demografische en energievariabelen (zie figuur 6). Hoewel de grens tussen deze drivers soms vaag kan zijn, biedt het een structuur voor de vergelijking van transitie benaderingen.

²⁵ Ibid

Figuur 6 Door de scenario's geactiveerde drivers

Adapted from the Kaya identity

$$CO_2emissions = Population \times \frac{Activity\ mix}{Population} \times \frac{Energy}{Activity\ mix} \times \frac{CO_2emissions}{Energy}$$

	Demand driver / Sufficiency	Energy intensity / Efficiency	CO2 emissions intensity of energy / Technology
Buildings	Living space per person, rational use of non-residential area, heating and cooling behaviours	Thermal insulation; appliance efficiency	Electrification of heating; district heating ...
Transport	Passenger distance ; freight transported; modal share; occupancy rate of vehicles, car sharing	Motorization efficiencies, ...	Electrification of vehicles; e-fuel switch ...
Power supply and energy networks	Demand Side Management, Storage	More performing generation assets ...	Energy production share of fossil, renewable, nuclear ...
Industry	Demand for goods and services; lifetime of goods, ...	Efficiency of production processes; material efficiency; recycling, ...	Green fuels or feedstock (electricity, hydrogen, e-fuels, biomass), CCS, ...

Toelichting: de term 'bbp' werd in de Kaya-identiteit vervangen door de term 'activiteitenmix' om de transitiedrivers duidelijker te scheiden. De relatie tussen het bbp en de activiteit is namelijk complex en met het begrip bbp kan niet zo duidelijk worden vastgesteld wat het resultaat is van prijs- of hoeveelheidsveranderingen van activiteiten.

Bron: SCOI

In het volgende deel, bij de bespreking van de modelresultaten, groeperen we scenario's die vergelijkbare combinaties van deze drivers voorstellen om klimaatneutraliteit te bereiken. Dit stelt ons in staat om de specifieke transitiekeuzes te relateren aan hun gevolgen in termen van investeringen en lopende uitgaven.

5. Belangrijkste resultaten

In dit hoofdstuk schetsen we de resultaten van ons model dat de extra kapitaal- en operationele uitgaven voor de gebouwen-, transport- en energiesector van de verschillende transitie-scenario's in vergelijking met het referentie-WEM-scenario en het huidige niveau in 2024. Voor de sectoren gebouwen en transport testen we of de conclusies met betrekking tot de operationele uitgaven robuust blijven onder verschillende energieprijzontwikkelingsprojecties. We delen ook schattingen van extra investeringsbehoeften in de sector uit andere bestaande onderzoeken.

5.1. Gebouwensector

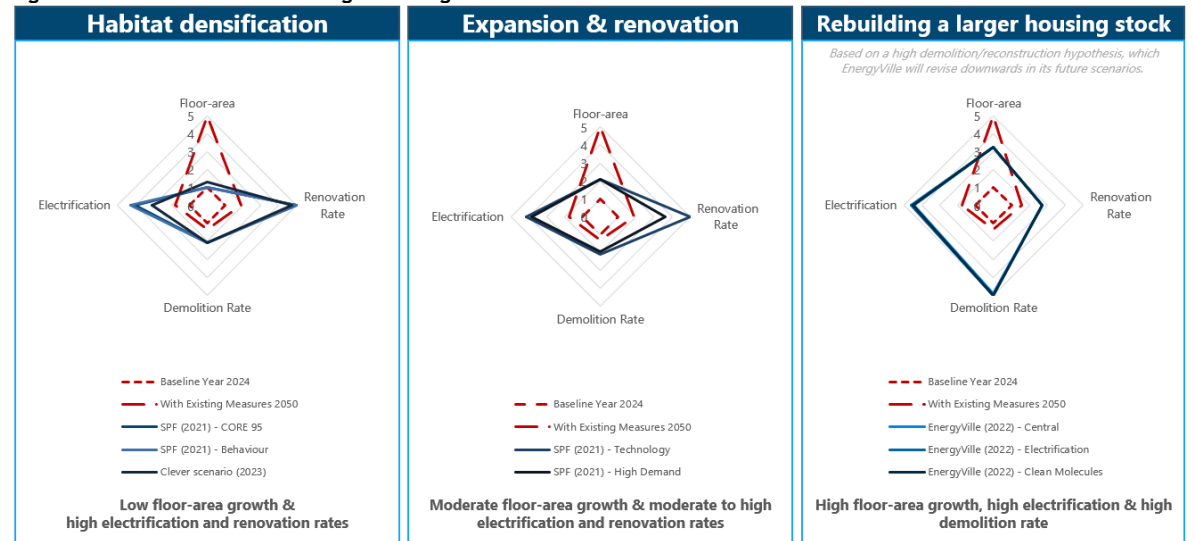
Onze ramingen hebben betrekking op zowel residentiële als niet-residentiële gebouwen en richten zich op verwarmingstoestellen en de renovatie van gebouwen voor isolatiedoeleinden. De decarbonatisatiescenario's laten sterk verschillende benaderingen zien, met name wat betreft de oppervlakte van gebouwen en renovatiestrategieën gericht op het verbeteren van de warmte-isolatie van het gebouwenbestand. Deze verschillen resulteren in verschillende investeringsniveaus.

5.1.1. Net zero benaderingen voor gebouwen

We hebben ervoor gekozen om de scenario's voor het koolstofarm maken van gebouwen in te delen aan de hand van vier parameters die representatief zijn voor de verschillende benaderingen (zie figuur 7):

- Vloeroppervlakte (m²): de geprojecteerde oppervlakte in residentiële en niet-residentiële gebouwen.
- Elektrificatiepercentage (%): de verhouding tussen de elektriciteitsvraag in gebouwen en de totale energievraag in gebouwen. Dit omvat de vraag naar elektriciteit voor verlichting en andere elektrische apparaten dan verwarming.
- Renovatiepercentage (%): de verhouding tussen de jaarlijks gerenoveerde oppervlakte en de totale vloeroppervlakte.
- Afbraakpercentage (%): de verhouding tussen de jaarlijks afgebroken en heropgebouwde oppervlakte en de totale vloeroppervlakte.

Figuur 7 3 net zero benaderingen in de bouwsector



Toelichting:

- 1) Activiteitsvariabelen van scenario's in 2050 werden vergeleken met waarden in 2024 en die verhouding werd genormaliseerd om een schaal van 1 tot 5 weer te geven voor elke variabele
- 2) Het EPOC scenario bevindt zich tussen "habitat densification" en "expansion & renovation"

Bron: SCOI gebaseerd op de scenario's van de auteur

In figuur 7 zien we dat er drie verschillende groepen scenario's ontstaan:

- Habitatverdichting: deze scenario's hebben een beperkte uitbreiding van de vloeroppervlakte of zelfs helemaal geen uitbreiding, ondanks de bevolkingsgroei, in combinatie met een hoog renovatie- en elektrificatiepercentage.
- Uitbreiding en renovatie: deze scenario's passen minder beperkingen toe op de uitbreiding van de vloeroppervlakte en hebben gematigde renovatie- en elektrificatiepercentages.
- Heropbouw van een grotere woningvoorraad: in deze scenario's ligt de nadruk op een hoog elektrificatie- en afbraakpercentage, met weinig inspanningen om de uitbreiding van het vloeroppervlak te beperken.

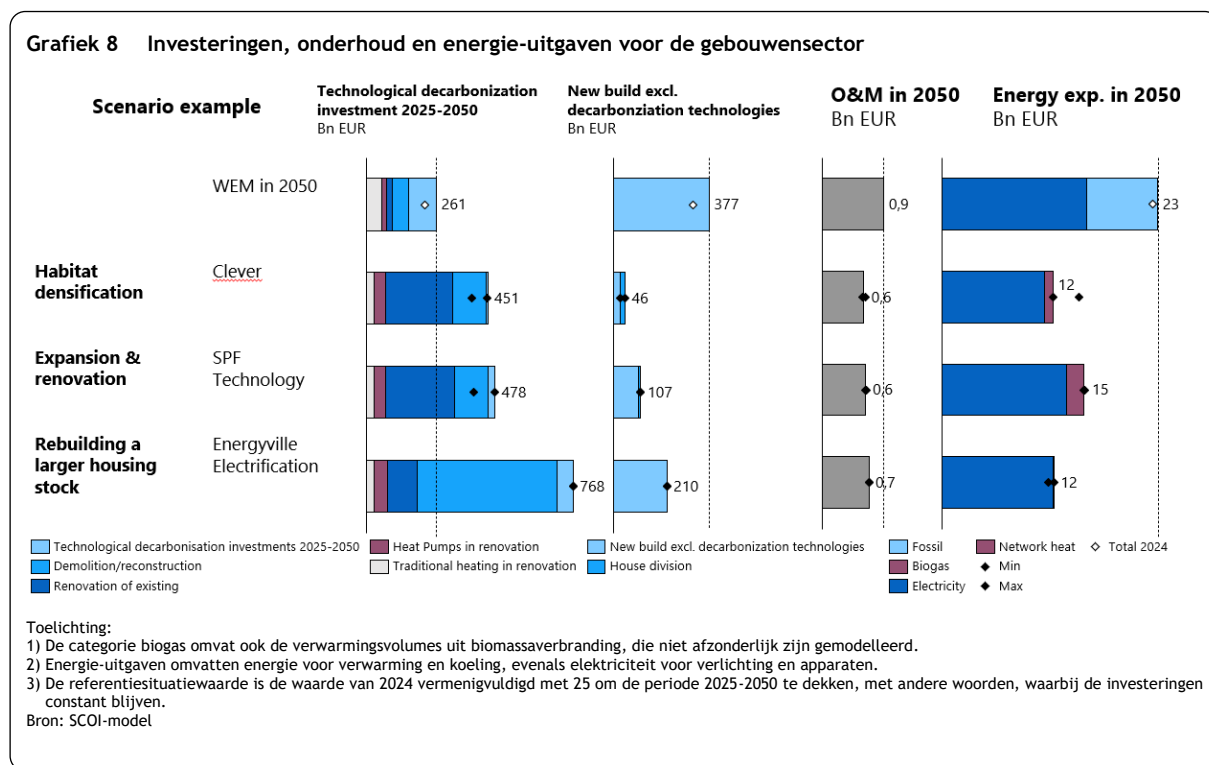
Voor elke groep scenario's die hierboven is beschreven, hebben we één representatief scenario geselecteerd waarvan de resultaten in de volgende paragrafen worden gepresenteerd.

5.1.2. CAPEX en OPEX van de decarbonisatie van gebouwen

Voor elke transitiebenadering wordt in de onderstaande figuur een representatief scenario geselecteerd en worden de cumulatieve investeringen tussen 2025 en 2050 gepresenteerd, samen met de verwachte onderhoudskosten en energie-uitgaven in 2050. Gedetailleerde resultaten voor alle scenario's zijn te vinden in Bijlage 2.

Een onderscheid werd gemaakt tussen investeringsuitgaven die uitsluitend verband houden met decarbonisatietechnologieën (renovatie-uitgaven en, voor nieuwbouw, de extra kosten van decarbonisatietechnologieën in vergelijking met koolstofgebaseerde alternatieven) en kapitaaluitgaven die verband

houden met de bouw van nieuwe gebouwen, afgezien van deze extra kosten²⁶ (funderingen, ruwbouw, niet-gedecarboniseerde technieken, afwerking) en woningsplitsing.



Grafiek 8 bevat twee belangrijke observaties.

Ten eerste zijn technologische decarbonisatie-investeringen in alle scenario's aanzienlijk hoger dan in het referentie-WEM-scenario, variërend van 190 miljard euro (+73%) in het Clever-scenario tot 507 miljard euro (+194%) in de Energyville-scenario's. Dit is voornamelijk te wijten aan aanzienlijke extra investeringen in renovatie en/of afbraak-wederopbouw in vergelijking met de baseline.

Ten tweede wordt in alle scenario's een substantiële verschuiving in de aard van investeringen waargenomen. Met name is er een verschuiving van investeringen in nieuwbouw (exclusief decarbonisatietechnologieën) naar investeringsuitgaven voor de technologische decarbonisatie van zowel nieuwe als, belangrijker nog, bestaande gebouwen. De lagere investeringen in nieuwbouw exclusief decarbonisatietechnologieën (van -167 tot -331 miljard euro in vergelijking met WEM in respectievelijk de Energyville- en Clever-scenario's) compenseren gedeeltelijk of zelfs volledig de extra investeringsbehoeften voor de technologische decarbonisatie van gebouwen. Dit leidt tot totale extra investeringsbehoeften van respectievelijk -141 miljard en +340 miljard euro in deze sector.

Er zijn twee factoren die de grote variatie in investeringsuitgaven tussen de verschillende benaderingen van de decarbonisatiestrategie bepalen: uitbreiding van het gebouwoppervlak en de afweziging tussen renovatie en afbraak-wederopbouw.

²⁶ We gaan ervan uit dat het aandeel van decarbonisatie in de totale investeringen voor de bouw van nieuwe gebouwen 20% bedraagt, wat overeenkomt met de extra kosten om een gebouw "passief" te maken, geschat tussen 10% en 30% in de vakliteratuur.

Uitbreiding van het gebouwoppervlak. We merken op dat alle scenario's een totale vloeroppervlakte voorzien die lager blijft dan ons WEM-scenario in 2050. Scenario's binnen de 'habitatverdichtingsaanpak' leggen de nadruk op een sterke vermindering van nieuwe constructies (zowel residentieel als niet-residentieel) door middel van een strikt ruimtelijk orderingsbeleid en beperken het kunstmatig gebruik van de bodem.²⁷ Deze aanpak resulteert in een kleinere vloeroppervlakte per hoofd van de bevolking, ondanks de verwachte bevolkingsgroei en krimpende huishoudens. Meer precies betekent dit een gemiddelde van 115 vierkante meter per huishouden²⁸ in 2050 tegenover 127 in 2024 en 145 in een WEM-scenario in 2050. Voor de niet-residentiële sector voorziet het een daling tot 16 vierkante meter per inwoner (van 17,1 voor het referentiescenario in 2024 en 17,4 in 2050). In deze scenario's zijn de investeringskosten voor 'woningsplitsing' (extra kosten voor compactere woningen binnen de huidige gebouwenvoorraad) veel lager dan de investeringskosten voor de bouw van nieuwe woningen. Omgekeerd resulteren scenario's zonder strenge beperkingen voor nieuwe gebouwen (in termen van habitatgrootte betekent dit gemiddeld 131 vierkante meter per huishouden, en niet-residentiële vloeroppervlakken blijven constant rond 17,1 vierkante meter per inwoner) in veel grotere investeringsvereisten.

Afweging tussen renovatie en afbraak-wederopbouw. Een tweede belangrijke factor is de keuze tussen conventionele renovaties tegenover afbraak-wederopbouw voor het opknappen van woningen²⁹. De keuze om prioriteit te geven aan afbraak-wederopbouw leidt tot hogere investeringsbehoeften, met kosten die tot 53% hoger liggen dan bij de baseline, of twee keer zo duur zijn als bij een zuinigere aanpak.

Verwarmingsactiva maken ook deel uit van de investeringsuitgaven en zijn goed voor ongeveer 12% van de totale CAPEX-behoeften. In de loop van de periode worden traditionele verwarmingssystemen (bijv. brandstofboilers) geleidelijk vervangen door warmtepompen. De directe kosten van elektrificatie zijn relatief laag in vergelijking met andere onderdelen van renovatiestrategieën, omdat het prijsverschil tussen warmtepompen en conventionele boilers minimaal is in goed geïsoleerde gebouwen.³⁰

Alle transitie-scenario's leiden tot lagere terugkerende operationele uitgaven dan de referentie-WEM in 2050. Dit ondanks de hogere onderhoudskosten van warmtepompen, vanwege de hogere onderhoudskosten in slecht geïsoleerde gebouwen die overgedimensioneerde verwarmingssystemen vereisen. Transitie-scenario's leiden consequent tot een verlaging van de onderhoudskosten van het verwarmingssysteem met 30% en een verlaging van de energierekening met 40-50% ten opzichte van de baseline.³¹

Transitie-scenario's omvatten een volledige verschuiving van fossiele brandstoffen naar elektriciteit en, in mindere mate, naar biogas. Warmtenetten worden voorgesteld door scenario's in de categorie

²⁷ Aanleunend bij 'betonstop'-strategieën.

²⁸ De hypothese voor het aantal huishoudens is 5,16 in 2024 en evolueert naar 5,74 in 2050 in alle scenario's na een bevolkingsgroei van 11,65 miljoen inwoners in 2024 tot 12,57 miljoen in 2050. De gemiddelde grootte van huishoudens zou dalen van 2,26 personen naar 2,19 personen. Meer informatie over de aannames en bronnen in Bijlage 5.

²⁹ We merken op dat de drie EnergyVille scenario's, die teruggaan tot 2022, een hoge graad van afbraak-wederopbouw veronderstellen. Dit draagt bij tot het belangrijk verschil in de kapitaaluitgavenniveaus tussen de scenario's. Nieuwe scenario's ontwikkeld door dezelfde auteurs zullen deze assumptie aanzienlijk afzwakken.

³⁰ Dure andere verwarmingsvarianten zoals vloerverwarming zijn hier buiten beschouwing gelaten.

³¹ Met uitzondering van het EPOC-scenario, dat wordt weergegeven in de maximale waarde van de groep 'Habitatverdichting', waar de waarden voor niet-residentiële gebouwen bijzonder hoog zijn. Ze kunnen een weerspiegeling vormen van een groter bereik in commerciële gebouwen (mogelijk overlappend met de industriële sector) of verschillende technische aannames in termen van energieverbruik per oppervlakte.

'habitatverdichting' en 'gebouwen uitbreiden en renoveren', en vertegenwoordigen een klein deel van de kosten voor energieverbruik. We merken op dat transitiestrategieën ten gunste van nieuwbouw geen significante besparingen op de energierekening laten zien ten opzichte van transitiestrategieën ten gunste van renovatie, ondanks hun grote extra CAPEX-vereisten.³²

Samenvattend kan worden gesteld dat een aantal scenario's een net zero uitstoot in de gebouwen-sector bereiken met lagere gecumuleerde investeringen dan in het WEM-scenario in de periode 2025-2050. In dergelijke scenario's worden investeringen in renovatie en verwarming gecompenseerd door minder te investeren in nieuwbouw, op voorwaarde dat renovatie voorrang krijgt op afbraak-wederoopbouwstrategieën. Deze conclusie op geaggregeerd niveau vertaalt zich niet op het niveau van individuele huishoudens of commerciële entiteiten, afhankelijk van hun omstandigheden. Alle transitie-scenario's leiden tot lagere terugkerende operationele uitgaven.

Vergelijking met regionale renovatiestrategieën

Rond 2020 publiceerden de drie regionale overheden van België elk hun eigen renovatiestrategie met als doel een energie-efficiënte bouwvoorraad³³. Hun schattingen van de absolute cumulatieve investeringsbehoeften tussen 2020 en 2050 in België variëren van 340 tot 410 miljard euro. In dit totaal wordt een investeringsbehoefte voorzien van 103-150 miljard euro voor residentiële en 57 miljard euro voor niet-residentiële gebouwen in Vlaanderen. Op respectievelijk 117 miljard en 34-57 miljard euro wordt diezelfde behoefte geschat voor de residentiële en niet-residentiële gebouwen in Wallonië. En op 29 miljard euro voor de residentiële gebouwen in Brussel.

Deze schattingen komen overeen met onze uitgavenramingen voor scenario's met een toename van de vloeroppervlakte. Niettemin verschillen de methodologieën en de reikwijdte van de verschillende analyses tussen de regionale schattingen en met onze studie, en een vergelijking moet zorgvuldig worden gemaakt.

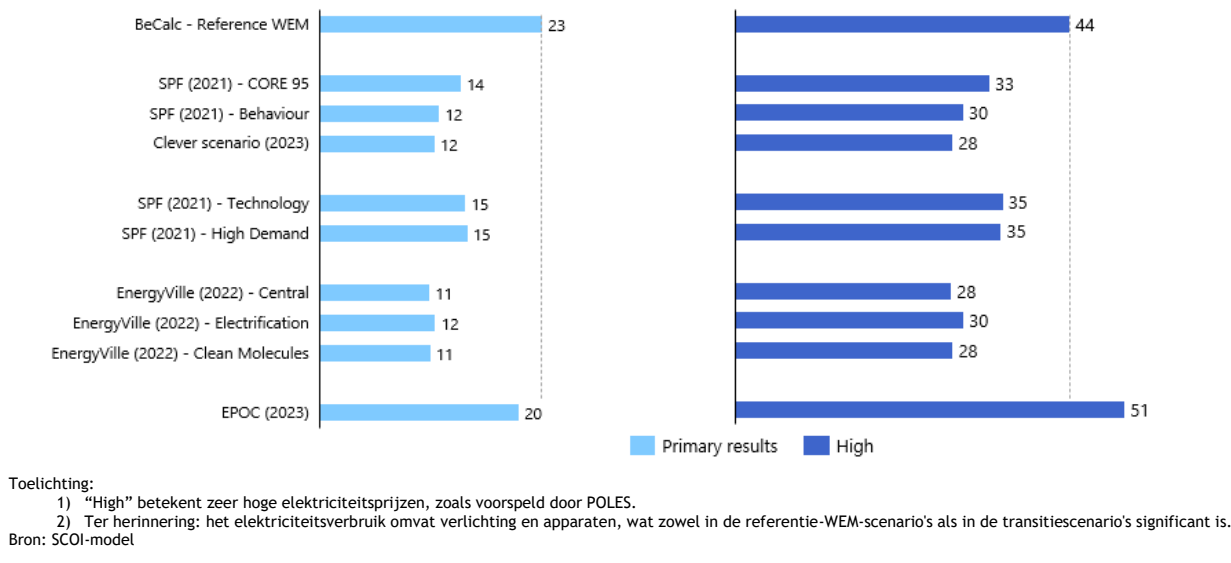
5.1.3. Kosten van energieverbruik in gebouwen: gevoeligheidsanalyse

Elektriciteit zal de primaire energiedrager zijn die in 2050 in neutrale scenario's in gebouwen wordt verbruikt. Recentelijk hebben de elektriciteitsprijzen aanzienlijke schommelingen vertoond, wat heeft geleid tot een aanzienlijke variatie in de prijsprognoses. Om de robuustheid van onze conclusies te testen, hebben we een sterkere stijging van de elektriciteitsprijzen toegepast (+60% in de referentie-WEM en +135% in de transitie-scenario's, zie bijlage 3.2), wat tot uiting komt in de 'hoge' resultaten in de onderstaande figuur.

³² De lagere elektriciteitsrekening in de transitie-scenario's in vergelijking met het WEM-scenario in 2050 kan contra-intuïtief lijken met een geëlektrificeerd verwarmingssysteem. We wijzen op de omvang van de energie-uitgaven in het model, die alle energie-uitgaven voor gebouwen omvat (dus bijvoorbeeld ook voor verlichting en andere apparaten). Scenario's kunnen andere energie-efficiëntie maatregelen modelleren voor deze niet-verwarmingsverbruiken die niet in het model zijn opgenomen, of verschillende technische aannames hebben in termen van elektrisch verbruik voor niet-verwarmingsdoeleinden.

³³ VG (2020), BHG (2019 & 2020) en SPW (2020), zie bibliografie.

Grafiek 9 Kosten van energieverbruik in 2050 in de gebouwensector, met verschillende aannames voor elektriciteitsprijzen (in miljard euro)



Deze analyse geeft aan dat de energie-uitgaven in alle transitie-scenario's lager zijn dan in de referentie-WEM. Zelfs met de hogere gevoeligheid van de elektriciteitsprijs blijft deze boodschap consistent, met uitzondering van het EPOC-scenario. Het is belangrijk op te merken dat deze gevoeligheid ook geldt voor het elektriciteitsverbruik voor verlichting en apparaten, dat zowel in het referentie-WEM-scenario als in de transitie-scenario's aanzienlijk is.

5.2. Transportsector

De analyse heeft betrekking op de investeringsbehoeften voor voertuigen (auto's, vrachtwagens, bestelwagens, bussen,³⁴ treinen en binnenschepen), elektrische laadstations en de algemene infrastructuur voor binnenlands transport in België. De investeringsbehoeften van de transitie-scenario's zijn sterk afhankelijk van het aandeel dat personenvervoer in de toekomst zal hebben, dat in de meeste onderzochte scenario's het leeuwendeel van de investeringen voor zijn rekening zal nemen.

5.2.1. Net zero benaderingen voor transport

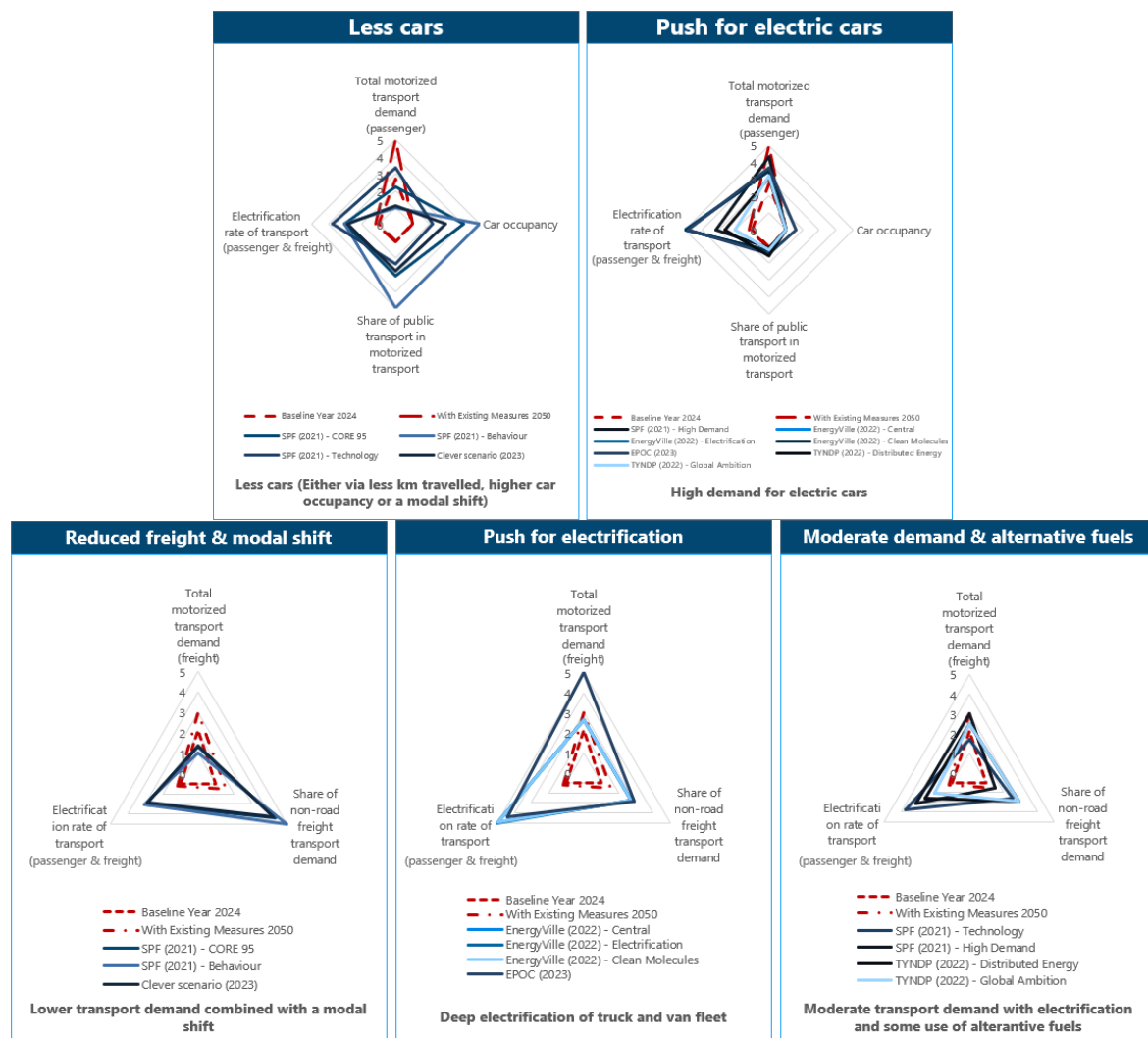
We hebben ervoor gekozen om de scenario's voor decarbonisatie van transport in te delen aan de hand van vier parameters die representatief zijn voor de verschillende benaderingen (zie figuur 10):

- Totale vraag naar gemotoriseerd transport: de som van de vraag naar transport per auto, bus en spoor, uitgedrukt in reizigerskilometers voor personenvervoer, of de som van de vraag naar transport per vrachtwagen, bestelwagen, spoor en binnenschip, uitgedrukt in tonkilometer voor vrachttransport.
- Autobezetting: het gemiddelde aantal passagiers in een auto. Deze indicator is specifiek voor personenvervoer.

³⁴ Omvat zowel het openbaar vervoer als privébusen

- Elektrificatiepercentage van het transport (in %): de verhouding tussen de eindvraag naar elektriciteit van de transportsector en de totale eindvraag naar energie voor personen- en vrachtovertuigen.
- Aandeel van de vraag naar openbaar vervoer en aandeel van de vraag naar niet-wegtransport (beide in %): de verhouding tussen de vraag naar openbaar vervoer en de totale vraag naar gemotoriseerd personenvervoer voor personenvervoer, en de verhouding tussen de vraag naar goederenvervoer per spoor en per binnenschip en de totale vraag naar gemotoriseerd goederenvervoer. Deze indicator meet de modal shift naar koolstofarme transportwijzen

Figuur 10 2 en 3 net zero benaderingen in respectievelijk de personen- en vrachtovervoerssector



Toelichting:

- 1) Activiteitsvariabelen werden vergeleken met 2024 en genormaliseerd om een schaal van 1 tot 5 weer te geven voor elke variabele.
- 2) Vrachtwagens en bestelwagens worden samen genomen in deze categorie.

Bron: SCOI gebaseerd op de scenario's van de auteur

In figuur 10 zien we dat er drie verschillende groepen ontstaan voor personen- en vrachtovervoer:

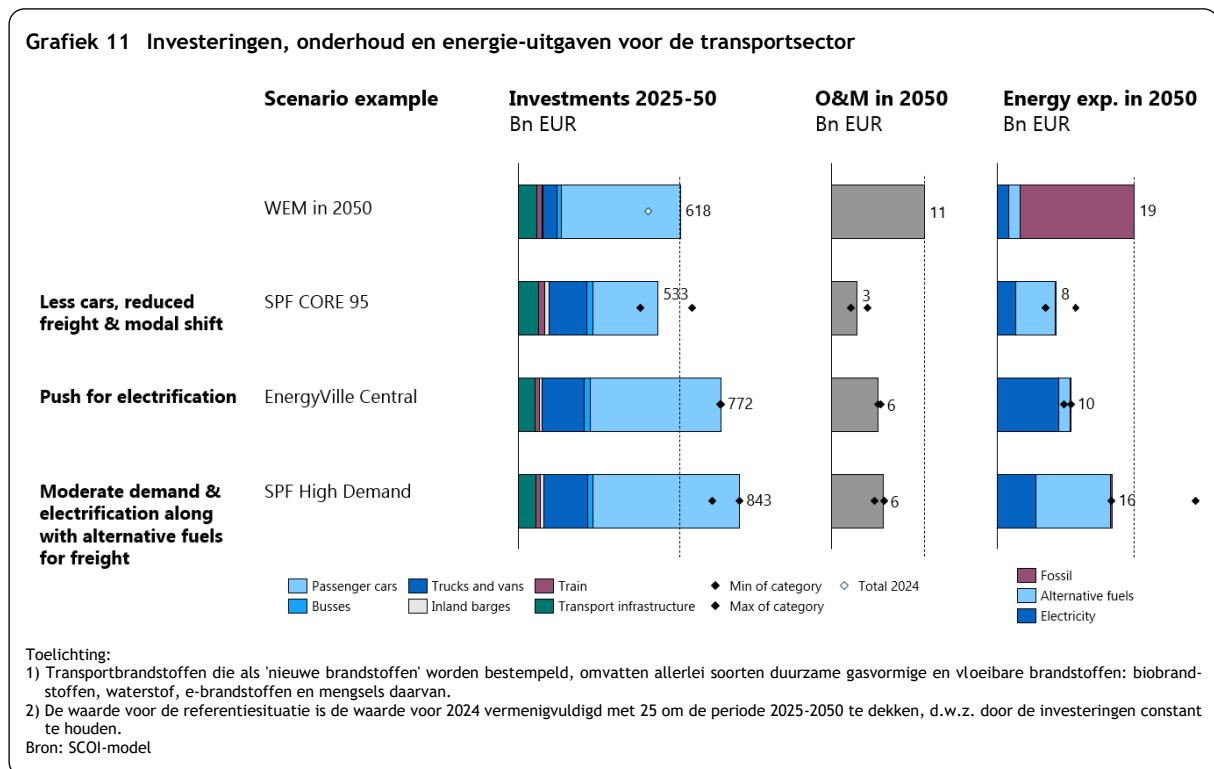
- Minder auto's, minder vraag en modal shift: voor personenvervoer zijn deze scenario's gebaseerd op een combinatie van hefboomen die allemaal bijdragen aan een kleiner wagenpark. Deze hefboomen zijn de vraag naar personenvervoer, autobezetting, autodelen en modal shift. Voor goederenvervoer combineren deze scenario's een verminderde vraag naar goederenvervoer met een ambitieuze modal shift van de weg naar het spoor en de binnenvaart.
- Stimulering van elektrificatie: deze scenario's zijn gebaseerd op een gematigde vraag naar personenvervoer en een hoge vraag naar goederenvervoer, met een hoog niveau van elektrificatie van zowel personen- als goederenvervoertuigen.
- Gematigde vraag & alternatieve brandstoffen: dit geldt uitsluitend voor goederenvervoer en omvat scenario's waarin een verminderd niveau van de vraag naar goederenvervoer wordt voorzien, met elektrificatie en, in zekere mate, het gebruik van alternatieve brandstoffen.

We merken op dat alle scenario's op één na ('SPF High Demand') uitgaan van een lagere groei van de passagiersvraag dan het referentie-WEM-scenario.

Voor elke groep scenario's die hierboven is beschreven, hebben we één representatief scenario geselecteerd waarvan de resultaten in de volgende paragrafen worden gepresenteerd.

5.2.2. CAPEX en OPEX van decarbonisatie van transport

Voor elke transitiebenadering toont de onderstaande figuur de cumulatieve investeringen tussen 2025 en 2050, samen met de verwachte onderhoudskosten en energie-uitgaven voor 2050. Tabellen met de resultaten van andere scenario's zijn te vinden in Bijlage 2.



Grafiek 11 laat zien dat de investeringen in de transitie scenario's voor de transportsector variëren van aanzienlijk lager dan de baseline in het 'SPF CORE 95'-scenario tot iets hoger in het 'EnergyVille Central'-scenario³⁵.

Scenario's, zoals 'SPF CORE 95', die de nadruk leggen op het terugdringen van de vraag naar personen- en vrachtvervoer leiden tot een scherpe daling van de investeringsbehoeften, wat neerkomt op een netto verlaging van gemiddeld 3,4 miljard euro (14%) per jaar over de periode vergeleken met het WEM-scenario, en gemiddeld 1,6 miljard euro (8%) per jaar ten opzichte van de niveaus van 2024. Omgekeerd leiden scenario's zoals 'EnergyVille Central', waarin de vraag naar vervoer hoog blijft en voorrang wordt gegeven aan elektrificatie boven modal shift, voor zowel personen- als vrachtvervoer, tot grotere investeringsbehoeften, met een jaarlijkse stijging van gemiddeld 9 miljard euro (36%) ten opzichte van de referentie-WEM, en 14 miljard euro (71%) ten opzichte van de niveaus van 2024.

Alle transitie scenario's leiden tot lagere terugkerende operationele uitgaven. De onderhoudskosten dalen in alle transitie scenario's, dankzij de lagere onderhoudskosten van elektrische voertuigen en/of het lagere aantal voertuigen in totaal. Energie-uitgaven laten in de meeste scenario's³⁶ een neerwaartse trend zien en een sterke verschuiving van conventionele brandstoffen naar elektriciteit en biobrandstoffen, e-brandstoffen, waterstof en andere mengsels (samengevoegd onder het label 'nieuwe brandstoffen'). Deze scenario's stellen minder elektrificatie van personenvervoer voor, wat resulteert in een nog steeds hoge energierekening voor fossiele brandstoffen en nieuwe brandstoffen.

Kortom, auto's, gevolgd door vrachtwagens, domineren de investeringsbehoeften in zowel het referentie- als het decarbonisatiescenario. Een aantal scenario's bereikt net zero emissies in de transportsector met lagere gecumuleerde investeringen over de periode 2025-2050 in vergelijking met de WEM. In dergelijke scenario's worden de extra kosten van elektrische voertuigen gecompenseerd door de vermindering van het wagenpark als gevolg van een grotere modal shift, carpoolen en delen en een vermindering van het totale transportvolume (reizigerskilometers en tonkilometers).

Inzoomen op de evolutie van het wagenpark

Grafiek 12 richt zich op investeringen in auto's, bestelwagens³⁷ en vrachtwagens en geeft een uitsplitsing per motortechnologie. Deze figuur toont de omvang van de verschuiving van voertuigen met verbrandingsmotor (ICE) naar elektrische voertuigen (EV) in elk scenario. Hoewel auto's goed zijn voor het merendeel van de investeringen in zowel het referentie- als het decarbonisatiescenario, verschilt de aard van deze investeringen aanzienlijk tussen de twee benaderingen. In het 'Baseline'-scenario wordt voornamelijk geïnvesteerd in ICE-motoren, terwijl in de decarbonisatiescenario's meestal - en dat zal niemand verbazen - wordt geïnvesteerd in EV-motoren.

³⁵ De opsplitsing in decarbonisatie-investeringen en niet-decarbonisatie-investeringen, die in de vorige paragraaf is toegepast op nieuwbouw, wordt hier niet toegepast op nieuwe auto's - de andere grote categorie investeringsuitgaven waarvoor deze maatregel ook relevant zou zijn. Een dergelijke toepassing zou een meer gedetailleerde analyse vereisen, die het onderwerp zou kunnen zijn voor toekomstige werkzaamheden, om zo rekening te houden met factoren zoals de substitutie tussen investeringen in personenauto's en openbaar vervoer.

³⁶ Het TYNDP is een buitenbeentje vanwege de Europese reikwijdte, die ook de maritieme en luchtvaartsector omvat, en die een net zero uitstoot impliceert op Europees niveau, maar niet noodzakelijk op nationaal niveau.

³⁷ Bestelwagens vallen in deze oefening onder de categorie vrachtvoertuigen.

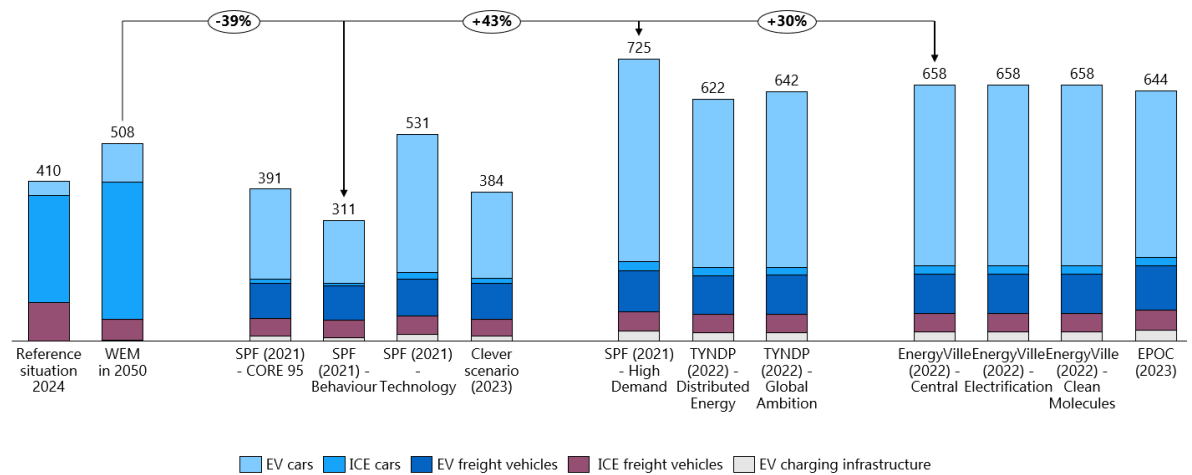
Hoewel alle decarbonatiescenario's uitgaan van een wijdverspreide elektrificatie van het wagenpark, verschillen ze aanzienlijk qua vereiste omvang van het wagenpark. Het gecombineerde effect van de ontwikkeling van het aantal afgelegde kilometers (absolute reductie of modal shift), autobezetting en autodelen leidt tot aanzienlijke neerwaartse veranderingen in het benodigde wagenpark voor de scenario's 'SPF Behaviour', 'SPF CORE 95', 'SPF Technology', 'SPF Clever' en 'SPF Behaviour'. Dit resulteert in het laagste investeringsniveau. Met cijfers wordt dit tastbaarder:

- Voor scenario's die voor minder auto's gaan, is het gemiddelde aantal personenauto's één op drie huishoudens³⁸ in 2050, vergeleken met 1,2 auto's per huishouden in 2024 en 1,4 in een WEM-scenario in 2050. Voor het meest extreme autoreductiescenario ('SPF Behaviour') leiden de drivers 'autobezetting' en 'autodelen' tot minder dan één auto per 10 huishoudens. Voor vrachtvervoer leiden deze scenario's niet tot een significante vermindering van het aantal vrachtwagens (gemiddeld 0,01 per hoofd van de bevolking, gelijk aan de referentie in 2024 en 2050). Het gemiddelde aantal bestelwagens blijft constant vergeleken met huidige aantal van 0,05 per inwoner.
- Voor scenario's die inzetten op een gematigde vraag, wordt het gemiddelde aantal personenauto's teruggebracht tot 1,1 per huishouden in 2050, vergeleken met 1,2 auto's per huishouden in 2024 en 1,4 in een WEM-scenario in 2050. Voor vrachtvervoer wordt het aantal vrachtwagens per inwoner constant gehouden en worden bestelwagens teruggebracht tot 0,03 bestelwagens per inwoner (tegenover 0,05 in 2024).
- Voor scenario's met een doorgedreven elektrificatie daalt het gemiddelde aantal personenauto's tot 1,1 per huishouden in 2050, vergeleken met 1,2 auto's per huishouden in 2024 en 1,4 in een WEM-scenario in 2050. Voor vrachtvervoer wordt het aantal vrachtwagens en bestelwagens per hoofd van de bevolking constant gehouden.

Over het geheel genomen stellen de decarbonatiescenario's met de sterkste nadruk op elektrificatie (EnergyVille en EPOC) investeringsniveaus voorop die tot 16% hoger liggen dan in het WEM-scenario voor de periode 2025-2050, wat neerkomt op gemiddeld 3,52 miljard euro extra per jaar. Deze resultaten komen overeen met de geschatte 41% hogere kosten van elektrische auto's in vergelijking met ICE-auto's en 78% hogere kosten van elektrische vrachtwagens in vergelijking met ICE-vrachtwagens, in een context van een lagere vraag naar vervoer in vergelijking met de referentie-WEM. Wanneer een vermindering van het aantal reizigerskilometers wordt gebruikt als hefboom bovenop de elektrificatie en het toegenomen gebruik van voertuigen (bijvoorbeeld autobezetting), kan de investeringsbehoefte tot 78% worden verminderd in vergelijking met de referentie-WEM.

³⁸ De hypothese voor het aantal huishoudens is 5,16 in 2024 en evolueert naar 5,74 in 2050 in alle scenario's na een bevolkingsgroei van 11,65 miljoen inwoners in 2024 tot 12,57 miljoen in 2050. De gemiddelde grootte van huishoudens zou dalen van 2,26 personen naar 2,19 personen. Meer informatie over de aannames en bronnen in Bijlage 5.

Grafiek 12 Uitsplitsing van EV en ICE-voertuigen - gecumuleerde CAPEX 2025-2050 (in miljard euro)



Toelichting: de waarde voor de referentiesituatie is de waarde voor 2024 vermenigvuldigd met 25 om de periode 2025-2050 te dekken, d.w.z. door de investeringen constant te houden.
Bron: SCOI-model

Tot slot vertegenwoordigen EV-oplaadinfrastructuuractiva slechts een relatief klein deel van de totale investeringsbehoeften in elektrische wegmobiliteit. De cumulatieve investeringsbehoefte voor EV-laadinfrastructuur varieert van 5 (SPF Behaviour) tot 23 (EPOC) miljard euro. Deze cijfers vertegenwoordigen ongeveer 0,2 tot 0,9 miljard euro op jaarbasis.

Inzoomen op transportinfrastructuur

Onze ramingen voor infrastructuurinvesteringen omvatten investeringen in spoorwegen³⁹, wegen, binnenvaart en fietsinfrastructuur.

De behoefte aan investeringen in weginfrastructuur is iets lager (tot 2,4%) in transitie scenario's vergeleken met het WEM-scenario en ruwweg vergelijkbaar tussen de transitie scenario's. Scenario's met geen of weinig verminderingen van het wegvervoer (zowel goederen- als personenvervoer) vereisen iets hogere investeringen in weginfrastructuur vergeleken met de andere transitie scenario's.

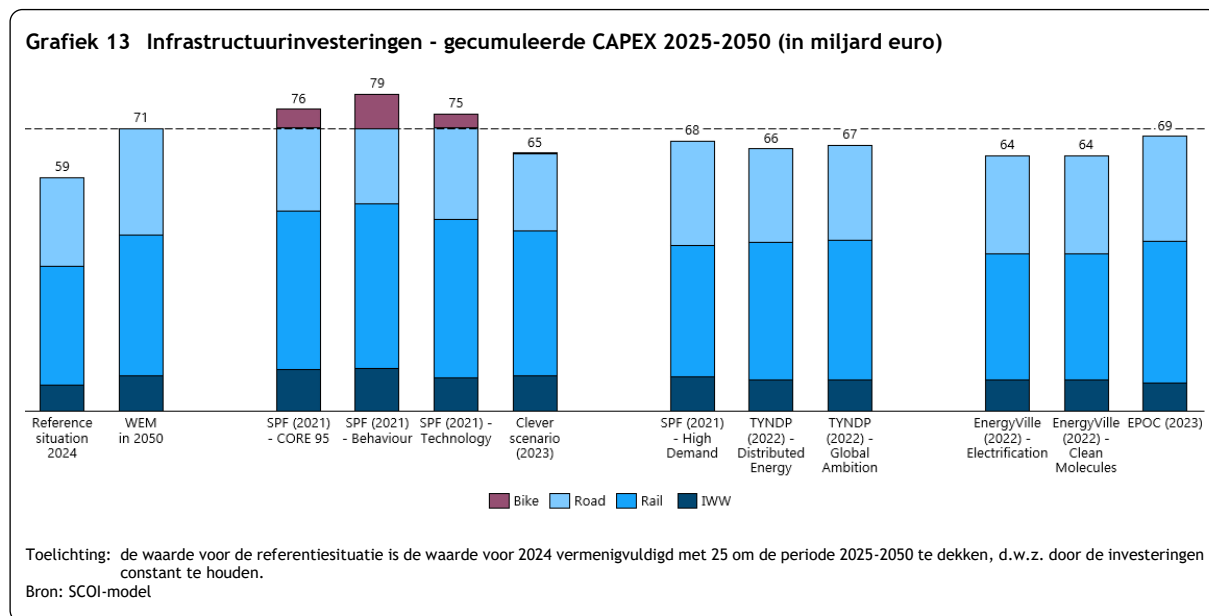
De helft van de scenario's (SPF Behaviour, SPF CORE 95, SPF Technology, Clever en EPOC) vereist extra investeringen in de spoorweginfrastructuur ten opzichte van de situatie in 2024. Van deze scenario's vereisen de scenario's die uitgaan van de meest significante veranderingen in de vraag naar spoorwegvervoer en modale aandelen (SPF Behaviour, SPF CORE 95) de hoogste niveaus van spoorweginfrastructuur, tot 17% hoger dan de referentie-WEM.

In het algemeen vereisen scenario's met een lagere vraag naar personenvervoer die wordt gedekt door wegvervoer (personenauto's) en die een modal shift voorzien, de hoogste investeringen in het spoor, tot 77% boven de huidige niveaus in 2024. Tegen 2050 zullen de investeringen in het spoor ofwel ongeveer gelijk moeten zijn aan die in het referentie-WEM-scenario (gemiddeld meer dan 2 miljard euro per jaar), ofwel tot 30% hoger voor ambitieuze spoorwegscenario's (0,64 miljard euro extra per jaar, d.w.z. 30% meer dan de baseline).

³⁹ Tram en metro zijn niet inbegrepen.

De vraag naar fietsvervoer wordt vaak weggelaten door de auteurs van decarbonisatiescenario's. In scenario's met een toenemende vraag naar fietsvervoer kan de inzet van fietsinfrastructuur een aanzienlijke behoefte aan extra investeringen betekenen, met gemiddeld 0,34 miljard euro per jaar.

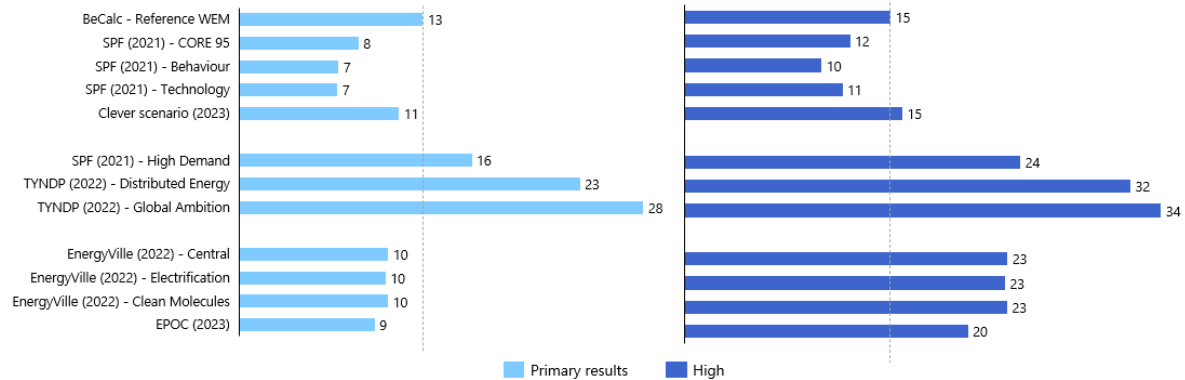
Investeringen in de binnenvaart ('Inland Waterways', IWW) zijn iets hoger dan de baselineniveaus in scenario's met een modal shift naar andere vervoerwijzen dan over de weg.



5.2.3. Kosten van energieverbruik in transport: gevoeligheidsanalyse

In deze paragraaf wordt onderzocht hoe de energiekosten worden beïnvloed door de hogere elektriciteitsprijzen (+60% in de referentie-WEM en +135% in de transitie scenario's, zie bijlage 3.2), zoals weergegeven in de 'hoge' resultaten in de figuur hieronder. Net als voor gebouwen voorzien de neutraliteits-scenario's tegen 2050 dat elektriciteit de belangrijkste energiedrager zal zijn die in het vervoer wordt verbruikt, waardoor de kosten voor energieverbruik erg gevoelig zijn voor elektriciteitsprijzen. Daarentegen worden de transportkosten in het referentie-WEM-scenario minder beïnvloed door de kosten van het elektriciteitsverbruik.

Grafiek 14 Kosten van energieverbruik in 2050 in de transportsector, met verschillende aannames voor elektriciteitsprijzen (in miljard euro)



Toelichting:

- 1) "High" houdt rekening met zeer hoge elektriciteitsprijzen, zoals geprojecteerd door POLES.
- 2) TYNDP is een uitschieter vanwege zijn Europese scope, die maritiem en luchtvaart omvat.

Bron: SCOL-model

Voor de transportsector is de belangrijkste conclusie dat de brandstofkosten in de meeste transitie-scenario's lager zijn dan in het referentie-WEM-scenario, behalve in het 'TYNDP'- en het 'SPF High Demand'-scenario. Met hogere elektriciteitsprijzen overstijgen de kosten voor energieverbruik in de meeste scenario's echter die van het referentiescenario, vooral in door elektrificatie gedreven scenario's (de enige uitzonderingen zijn de 'SPF Behaviour'-, 'SPF CORE 95'- and 'SPF Technology'-scenario's).

5.3. Energiesector

Alle decarbonisatiepaden in de transitie-scenario's laten een toenemende elektrificatie zien en een geleidelijke uitfasering van fossiele energiebronnen in alle sectoren, wat gevolgen heeft voor de energiesector. De energiesector in ons model omvat het elektriciteitsvoorzieningssysteem, dat verder wordt uitgewerkt in paragraaf 5.3.1 en 5.3.2. Nieuwe energienetwerken worden beschreven in paragraaf 5.3.3.

In alle transitie-scenario's worden fossiele brandstoffen geleidelijk uitgebannen, dus zijn er geen gerelateerde extra investeringen voorzien. In deze oefening wordt de transformatie van de stroomopwaartse olieactiva in België, zoals raffinaderijen, beschouwd als onderdeel van de industriesector.

5.3.1. Net zero benaderingen voor het elektriciteitsvoorzieningssysteem

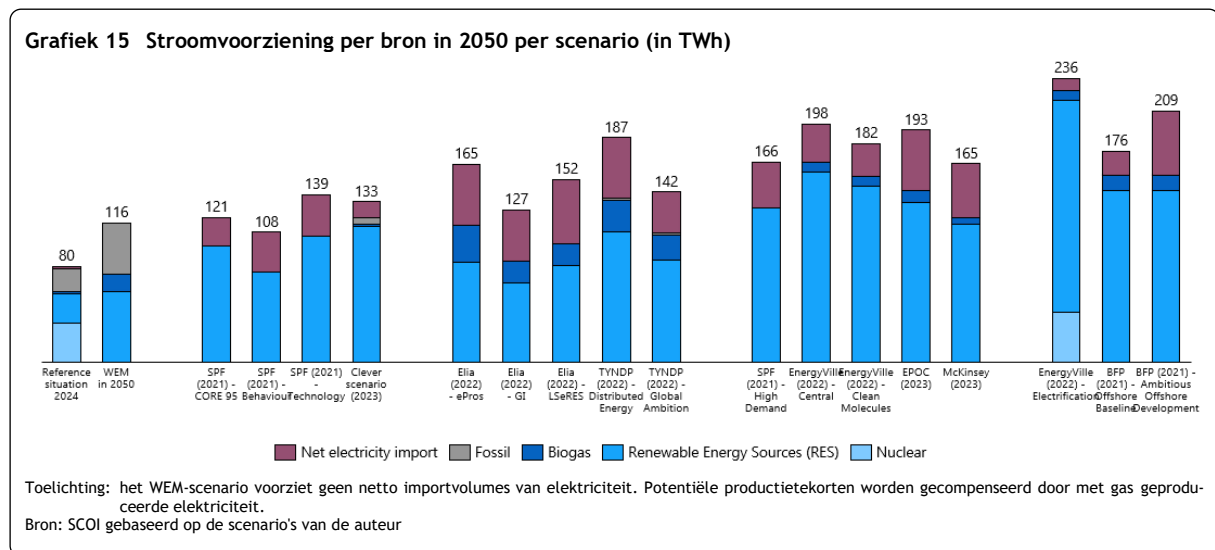
In onze analyse omvat het elektriciteitsvoorzieningssysteem de activa voor elektriciteitsproductie (nieuwe capaciteiten en vernieuwing van bestaande), de elektriciteitstransmissie- en -distributienetwerken en flexibiliteitsactiva.⁴⁰

Alle scenario's zijn gebaseerd op een aanzienlijke toename van de jaarlijkse elektriciteitsvraag en -levering ten opzichte van 2024.⁴¹ De elektriciteitsproductie gaat van 80 TWh in 2024 naar 108 tot 236 TWh in 2050. Slechts één transitie-scenario, 'SPF Behaviour', resulteert in een verwacht volume in 2050 dat lager ligt dan 116 TWh, het niveau dat wordt verwacht voor het referentie-WEM-scenario. Zoals te zien

⁴⁰ Zoals batterijen, slimme meters voor 'Demand Side Management' (DSM) in gebouwen en installaties voor pompaccumulatie van waterkracht.

⁴¹ Het verschil tussen vraag- en aanbodvolumes is te wijten aan technische verliezen en inperkingen.

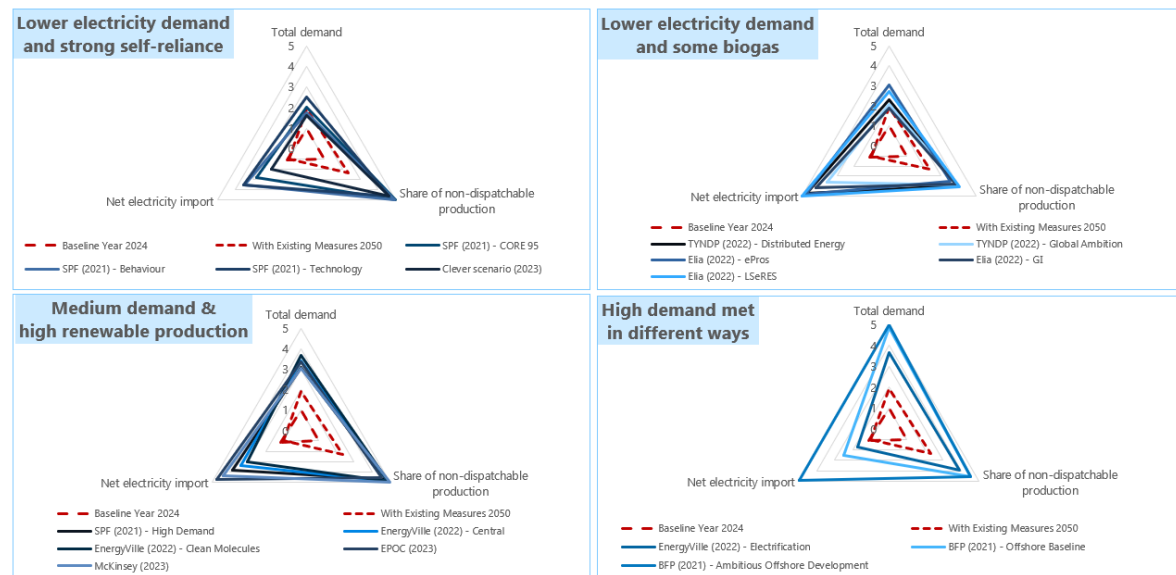
is in grafiek 15, verschillen de transitie scenario's in de nadruk die ze leggen op het gebruik van schakelbare productie (voornamelijk biogas) en de mate waarin ze afhankelijk zijn van netto import uit buurlanden.



We hebben ervoor gekozen om de scenario's voor de decarbonisatie van het elektriciteitsvoorzienings-systeem in te delen aan de hand van de drie parameters die hierboven en in grafiek 15 zijn besproken en die representatief zijn voor de verschillende benaderingen:

- Totaal vraagvolume: totale elektriciteitsvraag uitgedrukt in TWh.
- Afhankelijkheid van schakelbare productie: verhouding tussen de elektriciteitsproductie uit schakelbare bronnen en de totale elektriciteitsproductie, uitgedrukt in %.
- Netto import: totaal ingevoerde elektriciteit min totaal uitgevoerde elektriciteit uitgedrukt in TWh.

Figuur 16 4 net zero benaderingen in de energiesector



Toelichting:

- 1) Activiteitsvariabelen van scenario's in 2050 werden vergeleken met waarden in 2024 en die verhouding werd genormaliseerd om een schaal van 1 tot 5 weer te geven voor elke variabele.
- 2) Offshore productie in internationale energie-eilandhubs met derde landen in BFP-scenario's wordt gemodelleerd als geïmporteerde elektriciteitsvolumes. Daarom komt het voor in de driver 'aandeel geïmporteerde stroom' in plaats van in 'aandeel niet-schakelbare stroom'. De CAPEX-berekeningen houden rekening met deze capaciteit, terwijl de OPEX de volumes behandelt als netto importen.

Bron: SCOI gebaseerd op de scenario's van de auteur

In figuur 16 zien we dat er vier verschillende groepen ontstaan voor het elektriciteitsvoorzieningssysteem:

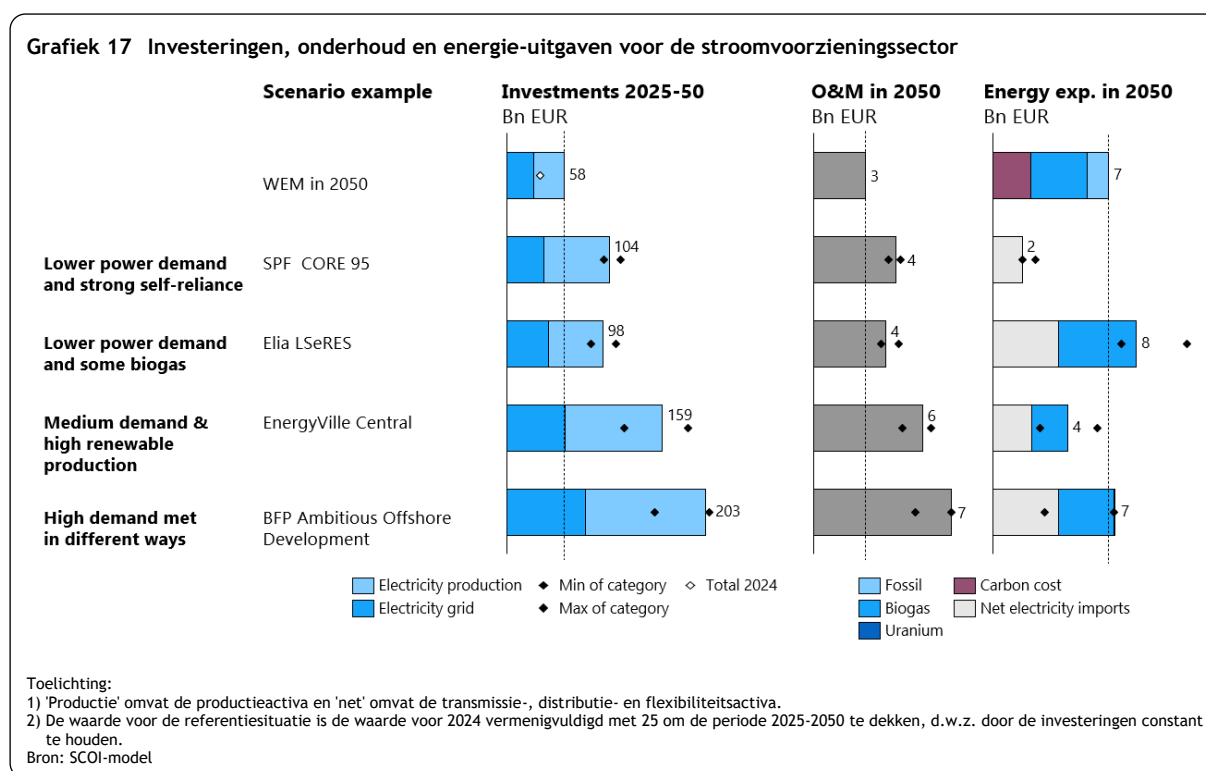
- Lagere vraag naar elektriciteit en sterke zelfredzaamheid: deze scenario's voorzien in een overgang met toegenomen elektrificatie, maar met beperkte totale vraagvolumes. De elektriciteitsproductie is bijna volledig afkomstig van hernieuwbare energiebronnen. De afhankelijkheid van buitenlandse bronnen voor gasvormige energiedragers of de invoer van elektriciteit blijft beperkt.
- Lagere vraag naar elektriciteit en wat biogas: deze scenario's voorzien ook beperkte vraagvolumes en zijn sterker afhankelijk van importen. Het aandeel van de schakelbare productie is hoger en er wordt opvallend veel gebruik gemaakt van elektriciteitsproductie op basis van biogas om perioden met onvoldoende productie te overbruggen.
- Middelmatische vraag en hoge hernieuwbare productie: de derde groep heeft een gemiddeld jaarlijks elektriciteitsvoorzieningsvolume in 2050 dat meer dan het dubbele is van het volume in 2024. Deze scenario's zijn gebaseerd op belangrijke capaciteiten voor hernieuwbare energiebronnen, op enige biogasproductie en op netto import van elektriciteit uit de buurlanden.
- Aan de grote vraag wordt op verschillende manieren voldaan: de laatste groep is iets heterogener en wordt voornamelijk gekenmerkt door de zeer grote vraag en aanbod van elektriciteit (meer dan 200 TWh).

Hierbij dient opgemerkt dat de aanpak voor decarbonisatie van het elektriciteitsvoorzieningssysteem niet losstaat van de transitie in de andere sectoren. De elektriciteitsvraag en het elektriciteitsaanbod zijn namelijk nauw verbonden met de decarbonisatieaanpak in de vraagsectoren. Daarom is de totale investeringsbehoefte voor stroomvoorziening afhankelijk van de mate van elektrificatie en de activiteitsniveaus in de sectoren vervoer, gebouwen en industrie, evenals in de energietransformatiesector (bijv. H2-productie).

Voor elke groep scenario's die hierboven is beschreven, hebben we één representatief scenario geselecteerd waarvan de resultaten in de volgende paragrafen worden gepresenteerd.

5.3.2. CAPEX en OPEX van decarbonisatie van het elektriciteitsvoorzieningssysteem

De onderstaande figuur toont de cumulatieve investeringen tussen 2025 en 2050, samen met de verwachte onderhoudskosten en energie-uitgaven voor 2050. Tabellen met de resultaten van andere scenario's zijn te vinden in Bijlage 2.



In alle scenario's moeten de investeringen in de elektriciteitssector enorm toenemen, vooral voor de productiecapaciteit, alsook voor de uitbreiding en versterking van het netwerk (zie grafiek 17). Over het algemeen is de toename in opwekkingscapaciteit groter dan de toename in netinvesteringen. Voor beide categorieën is de toename grotendeels gecorreleerd met de toename van de vraag naar elektriciteit.

In scenario's met een lagere vraag naar elektriciteit moeten de investeringen verdubbelen ten opzichte van het referentie-WEM-scenario in 2050. In de scenario's met een gemiddelde en hoge vraag is de toename drie- tot viermaal zo groot. Voor de volledige reeks scenario's variëren de CAPEX-behoeften tussen 85 tot 206 miljard euro gecumuleerd over de periode, een stijging van 47% tot 255% ten opzichte

van het referentie-WEM-scenario. Vergeleken met de niveaus van 2024 op basis van historische cijfers, zou dit gemiddeld en per jaar 2,5 tot 6 keer meer investeringen betekenen voor de hele elektriciteitssector.

Hoewel totale bijkomende investeringen in de elektriciteitsvoorzieningssector niet de grootste component is van het totaal aan bijkomende investeringen (zie volgende paragraaf), is hun toename ten opzichte van de huidige niveaus enorm.

Wanneer we naar de energie-uitgaven kijken, spelen drie belangrijke kostenfactoren een rol: de koolstofkosten voor het referentie-WEM-scenario, de volumes van de netto elektriciteitsimporten en de volumes van de elektriciteitsproductie op basis van biogas in het volledig getransitioneerde systeem. Prognoses van de prijscurve voor groothandelsprijzen voor elektriciteit (gebruikt voor de netto-invoer van elektriciteit) en voor groothandelsprijzen voor biogas worden gedetailleerd weergegeven in Bijlage 3.2.

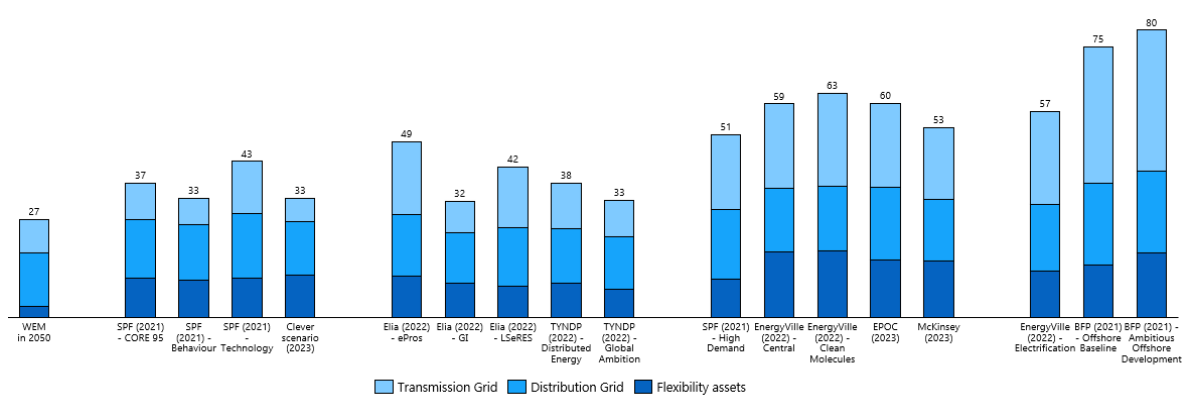
In het referentie-WEM-scenario is een deel van de schakelbare elektriciteitsproductie nog steeds gebaseerd op fossiele brandstoffen. Daarom wordt een koolstofkost berekend die ofwel emissierechten ofwel CCS-installaties dekt, gebaseerd op prognoses van koolstofprijzen voor het Europese handelssysteem 1 (volledige details in Bijlage 3.2.).

De energie-uitgaven in scenario's met een lagere vraag en een sterke zelfvoorziening bedragen minder dan een derde van de uitgaven in het referentie-WEM-scenario. In dergelijke scenario's zijn de energie-uitgaven uitsluitend te wijten aan geïmporteerde elektriciteit, aangezien alle binnenlandse productie gebaseerd is op hernieuwbare energiebronnen. Lagere vraagscenario's met biogas hebben daarentegen hogere energie-uitgaven in 2050 dan in het referentie-WEM-scenario. Dit houdt verband met de hogere groothandelsprijs voor biogas in deze transitie-scenario's dan de aardgasprijzen plus koolstofkosten in het referentie-WEM-scenario. Scenario's met een gemiddelde en een hoge vraag hebben energiekosten die variëren van de helft van die in het referentie-WEM-scenario tot vergelijkbare niveaus als voor het referentie-WEM-scenario.

Inzoomen op investeringsbehoeften in net- en flexibiliteitsactiva

In alle transitiebenaderingen zijn bijkomende investeringen in het elektriciteitsnetwerk (net en flexibiliteit) sterk nodig (van +19% tot +195%) in vergelijking met het referentie-WEM-scenario. De investeringsbehoeften voor het elektriciteitstransmissie- en -distributienetwerk worden grotendeels bepaald door de volumes van de hernieuwbare energieproductie in de scenario's.

Grafiek 18 Investeringsbehoeften in net en flexibiliteit (jaarlijks gemiddelde 2025 tot 2050, in miljard euro)



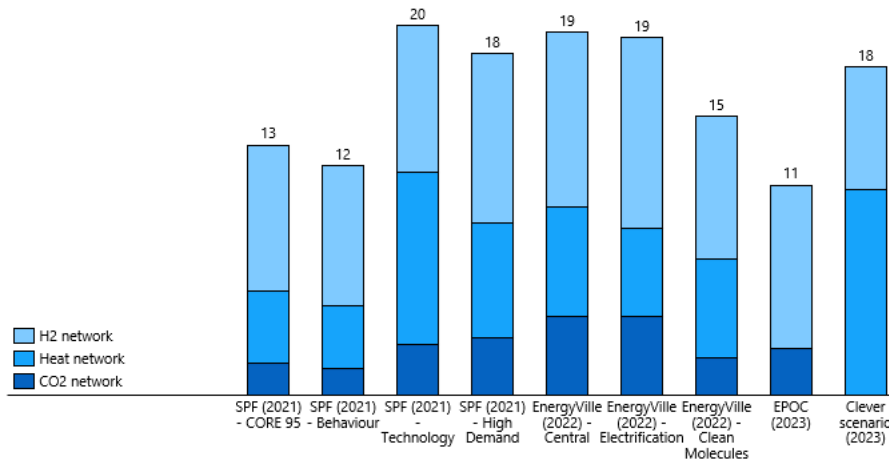
Bron: SCOI-model

Als we de gemiddelde jaarlijkse CAPEX en de verwachte OPEX in 2050 in de verschillende transitie-scenario's optellen en relateren aan de totale elektriciteitslevering, krijgen we een ruw idee van de systeemkosten voor elektriciteit. Deze systeemkosten voor elektriciteit blijken consistent te zijn in alle scenario's en schommelen rond 0,095 euro per kWh. Voor meer details over deze ruwe benadering verwijzen we naar Bijlage 1.2.

5.3.3. Nieuwe energienetwerken

Voor een aantal scenario's hebben we de investeringsbehoeften in nieuwe energienetwerken (CO₂, waterstof en warmte) kunnen berekenen. Deze zijn gebaseerd op de verwachte volumes die in België worden geproduceerd en/of geïmporteerd. Wanneer de net zero scenario's op deze netwerken steunen, variëren de cumulatieve kapitaaluitgaven over de periode 2025-2050 van 11 tot 20 miljard euro, of gemiddeld 0,44 tot 0,8 miljard euro per jaar. Ongeveer de helft van deze investeringen is nodig voor waterstofnetwerken (elektrolyzers, pijpleidingen - waarvan een deel bestaat uit het aanpassen van aardgaspijpleidingen - en een import-/exportterminal). Op de tweede plaats komen warmtedistricten, waarvoor de uitgaven betrekking hebben op buizen en warmtewisselaars in de gebouwensector. Industriële warmtenetten worden beschouwd als investeringen binnen het industriële toepassingsgebied. Koolstofnetwerken, ten slotte, omvatten uitgaven in verband met de pijpleidingen zelf, de exportwaardeketen en de installatie van activa voor directe luchtname ('Direct Air Capture assets', DACS). Andere activa voor koolstofafvang en -opslag ('Carbon Capture and Storage assets', CCS) zijn niet opgenomen en maken deel uit van het toepassingsgebied van de industriële sector.

Grafiek 19 CAPEX nieuwe energienetwerken (gecumuleerd 2025 tot 2050, in miljard euro)



Toelichting: geen van deze netwerken wordt verondersteld in een WEM-scenario
Bron: SCOI-model

5.4. Industriesector

Industriële activiteit, meer bepaald de verwerkende industrie en bouwmaterialen, is een belangrijke bron van broeikasgasemissies in België, goed voor ongeveer 35 miljoen ton CO₂-equivalent in 2022⁴², of 26% van het totaal van het land.⁴³ De meeste emissies zijn het gevolg van de verbranding van fossiele brandstoffen als energiedrager of van koolstofuitstotende processen.

De uitdagingen op het gebied van concurrentievermogen zijn cruciaal in de industriesector en de industriële actoren staan zelf voor moeilijke keuzes als het gaat om het opvoeren van hun investeringen die nodig zijn voor de transitie.

Slechts enkele neutraliteitsscenario's hebben een gedetailleerd stappenplan voor de decarbonisatie van de Belgische industrie. Het modelleren van transitietrajecten en daarmee samenhangende investeringsbehoeften voor de industrie is namelijk gevaarlijk, omdat er grote onzekerheden aan verbonden zijn. De industriesector omvat een grote verscheidenheid aan activiteiten. Naast de belangrijke vervuilers (chemie, raffinage, cement, metallurgie, glas, kalksteen, papier, voeding) bestaan er duizenden eenvoudige industriële processen. Er bestaan veel verschillende opties voor industrieën om hun BKG-emissies te verminderen, variërend van elektrificatie en brandstofswitching tot het ontwikkelen van nieuwe processen, het bedenken van alternatieve producten of materialen of zelfs het stopzetten van bepaalde activiteiten. Bovendien zijn industriële gegevens en keuzes voor decarbonisatie van de industrie vaak vertrouwelijk. Keuzes die industriële bedrijven maken zijn discretionair en onderhevig aan transnationale dynamieken, zoals wereldwijde concurrentie, internationale regelgeving, geopolitiek, prijsontwikkelingen van energie en materialen enz.

⁴² Hieronder vallen emissies door energiegebruik in industriële processen, door procesemissies zelf en door de raffinage en productie van vaste brandstoffen.

⁴³ Europees Milieuagentschap, 2024.

We baseren ons op bestaande analyses om een schatting te maken van de extra investeringsbehoeften van de industriële sector. Een reeks studies volgt een top-down benadering en geeft een globaal cijfer voor de sector:

- In zijn net zero studie voor België vanaf 2023⁴⁴ schat McKinsey de bijkomende investeringsbehoeften in de industrie tussen **25 en 40 miljard euro** gecumuleerd tot 2050⁴⁵ om een emissiereductie in de industrie van 96% te bereiken. De studie verwacht dat de grootste inspanningen zullen worden geleverd in sectoren met een hoge uitstoot, zoals de staal-, ethyleen- en cementproductie. De drivers zijn onder andere de verdubbeling van energie-efficiëntie maatregelen, 90% elektrificatie van lage en middelhoge temperatuurverwarming, het gebruik van CCS, waterstof en groene moleculen om het gebruik van fossiele brandstoffen uit te faseren.
- Een 2020-studie van Deloitte en Climact⁴⁶ berekende dat er tegen 2050 een extra investering van **12 tot 18 miljard euro** nodig is om de BKG-uitstoot van de industrie in Vlaanderen met 86% te verminderen ten opzichte van 2005. Deze reductie maakt gebruik van nieuwe productieprocessen en producten waarbij biobrandstoffen, waterstof en elektriciteit worden gebruikt in plaats van emitterend basismateriaal en energiedragers. In deze analyse bedragen de investeringen in technologieën voor koolstofafvang 2 tot 8 miljard euro.
- In 2021 publiceerden Bond Beter Leefmilieu en Climact een studie over een broeikasgasemissiereductie van 95% voor de industrie in Vlaanderen.⁴⁷ De studie schat de benodigde investeringen op **12,5 tot 13,7 miljard euro**. De studie heeft alleen betrekking op Vlaanderen en richt zich voornamelijk op Chemie, Staal, Keramiek & Glas, Papier & Voeding en Raffinaderijen. De belangrijkste drivers zijn een vermindering van de geproduceerde volumes in de meeste sectoren, vooral in raffinage, en een verschuiving naar alternatieve productietechnologieën, met name voor Chemie en Papier & Voedselverwerking. De studie gaat ook uit van verschuivingen in de energiedragers die worden gebruikt in bepaalde processen (elektrificatie en waterstof) en het gebruik van technologieën voor het afvangen van koolstof.

EnergyVille (2022) berekende bottom-up kapitaaluitgaven voor hun transitie scenario's, respectievelijk 'Clean Molecules', 'Electrification' en 'Central'. Volgens deze auteur schommelen de gecumuleerde extra investeringsbehoeften voor de omschakeling van de Belgische industrie tussen **10 en 13 miljard euro**.

Als we al deze schattingen samen nemen, komen we uit op een bedrag tussen **10 tot 40 miljard euro** voor bijkomende kapitaalinvesteringen die nodig zijn voor industriële decarbonisatie in België tegen 2050, hetgeen overeenkomt met 0,4 tot 1,6 miljard euro per jaar.

Hoewel deze schattingen klein zijn in verhouding tot het totale investeringstekort van alle sectoren samen (zie volgende hoofdstuk), mogen ze niet over het hoofd worden gezien. Investerings in gebouwen en transport zijn immers verspreid over een volledige populatie, terwijl investeringen in de industrie op de schouders van een kleiner aantal bedrijven rusten (net als in de energiesector).

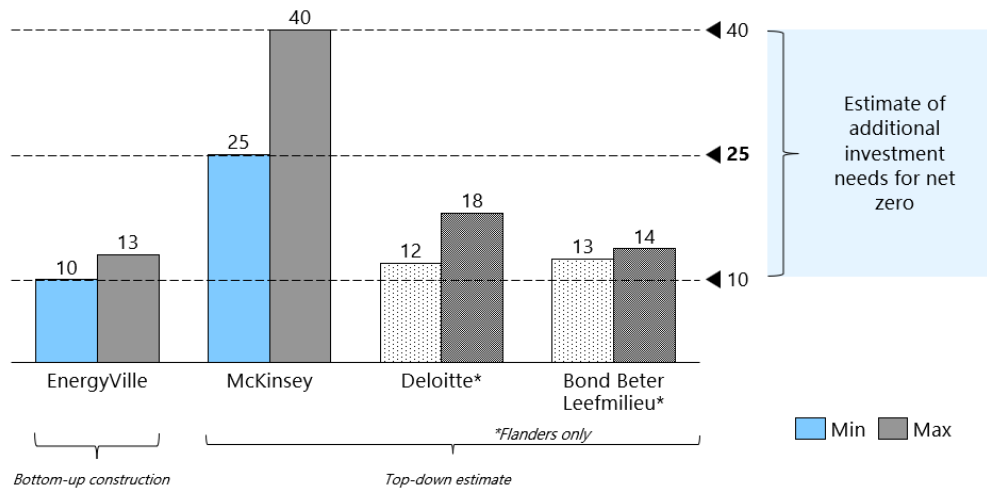
⁴⁴ McKinsey & Company (2023)

⁴⁵ De studie noemt een bedrag van 30 tot 45 miljard euro, inclusief 5 miljard euro voor waterstof- en koolstofnetwerkinfrastructuur. In dit onderzoek is dit gemodelleerd binnen de energiesector. Daarom sluiten we dit bedrag uit.

⁴⁶ Deloitte en Climact (2020)

⁴⁷ Bond Beter Leefmilieu en Climact (2021)

Grafiek 20 Extra gecumuleerde kapitaaluitgaven voor de industriesector tot 2050 (in miljard euro)



Bron: SCOI-analyse gebaseerd op publicaties van EnergyVille, McKinsey & Company, Deloitte en Bond Beter Leefmilieu.

Al deze schattingen gaan uit van stabiele productievolumes in alle sectoren (uitgezonderd voor Bond Beter Leefmilieu). Dit betekent dat ze geen productietoename of -afname in de verschillende sectoren voorzien als gevolg van veranderende consumptiepatronen door de transitie (door regelgeving, subsidies of koolstofprijzen) of nieuwe kansen (bijv. biogebaseerde industrieën, verwerking van kritieke grondstoffen, circulaire economie of decarbonisatietechnologieën).

Bovendien hebben deze studies geen betrekking op broeikasgasemissies van digitale diensten. In Europa is ongeveer 3% van het elektriciteitsverbruik alleen al afkomstig van datacenters en dit cijfer stijgt snel.⁴⁸

⁴⁸ Connaissance des énergies (2024)

6. Aggregatie van de resultaten

6.1. Introductie

Deze sectie behandelt de aggregatie van investerings- en operationele uitgaven uit scenario's ontwikkeld door verschillende auteurs, die minstens de sectoren gebouwen, transport en energieproductie omvatten.

Om deze sectie correct te interpreteren, moeten de volgende punten in acht worden genomen:

- De momenteel beschikbare en bruikbare scenario's (voldoende gedetailleerd en die de belangrijkste sectoren bestrijken) zijn relatief beperkt. Bovendien **zijn deze scenario's ontwikkeld binnen hun technologische en regelgevende context tussen 2021 en 2024**. Aangezien deze context voortdurend evolueert, zullen in de toekomst waarschijnlijk andere scenario's worden voorgesteld door verschillende auteurs.
- Dit rapport vergelijkt de momenteel beschikbare en bruikbare scenario's **zonder hier een oordeel over te vellen**, inclusief hun relevantie. De keuze voor het ene of het andere scenario is een maatschappelijke/politieke beslissing die rekening moet houden met tal van factoren die in dit rapport niet worden onderzocht.
- Net zero scenario's worden vergeleken met een historische referentiesituatie die overeenkomt met het jaar 2024 of met een "With Existing Measures" (WEM) referentiescenario, dat een reeks beleidsneutrale ontwikkelingen tot 2050 in kaart brengt. Het is belangrijk om in gedachten te houden dat de keuzes die ten grondslag liggen aan de ontwikkeling van dit laatste scenario noodzakelijkerwijs elke vergelijking met decarbonisatiescenario's beïnvloeden.
- Deze sectie presenteert **twee aggregaties van investeringsuitgaven**. De eerste aggregatie omvat de **totale bouwkosten van nieuwe passieve (of zeer energiezuinige) gebouwen**. De tweede aggregatie, die zich nog in een verkennende fase bevindt, omvat enkel de **bijkomende kosten vergeleken met een gebouw met een gemiddeld energieprestatieniveau** (zie de sectie over gebouwen). Het gebruik van deze twee aggregaties sluit aan bij verschillende praktijken in de literatuur⁴⁹ en maakt een rijke en genuanceerde beschrijving van de resultaten mogelijk. Zo is de eerste aggregatie relevanter voor de beoordeling van de macro-economische gevolgen van verschillende scenario's en weerspiegelt deze beter de investeringsbehoeften voor de milieutransitie en andere maatschappelijke uitdagingen (zoals energiezekerheid, luchtvervuiling, biodiversiteit, verkeerscongestie, enz.). De tweede aggregatie richt zich meer op investeringen in decarbonisatietechnologieën. Deze is alleen toegepast op nieuwbouw en niet op nieuwe auto's, de andere grote categorie van investeringsuitgaven waarvoor deze maatregel eveneens relevant zou zijn. Een dergelijke toepassing zou een meer gedetailleerde analyse vereisen, die in

⁴⁹ In het recente rapport van de Europese Centrale Bank, Occasional Paper Series nr. 367, "Investing in Europe's green future ; Green investment needs, outlook and obstacles to funding the gap" wordt op pagina 13 opgemerkt dat "de schattingen verschillen naargelang rekening wordt gehouden met de volledige kosten van een groene investering, of alleen met het verschil ten opzichte van een investering waarbij de oude technologie wordt gebruikt. Voor elektrische voertuigen bijvoorbeeld omvatten de schattingen van de Europese Commissie en I4CE de volledige kosten van elektrische voertuigen, terwijl het IEA alleen rekening houdt met de batterijkosten."

toekomstig onderzoek zou kunnen worden uitgevoerd, om rekening te houden met factoren zoals de substitutie tussen investeringen in personenauto's en openbaar vervoer.

- Er moet ook op worden gelet dat investerings- en **operationele uitgaven niet worden geïnterpreteerd als "de kosten" van de klimaattransitie**. De scenario's en de bijbehorende investeringen hebben immers een reeks gevolgen die hier niet worden geanalyseerd. Dit omvat bijvoorbeeld hun macro-economische impact, zoals effecten op groei, werkgelegenheid, inflatie of overheidsfinanciën.

Deze sectie is als volgt opgebouwd. Eerst worden de investeringsniveaus van de verschillende scenario's vergeleken, vervolgens wordt ingegaan op de operationele uitgaven die voortvloeien uit deze investeringen.

6.2. Scenario's en investeringsuitgaven: vergelijking van hun niveaus en samenstelling

6.2.1. Net zero benaderingen in verschillende sectoren

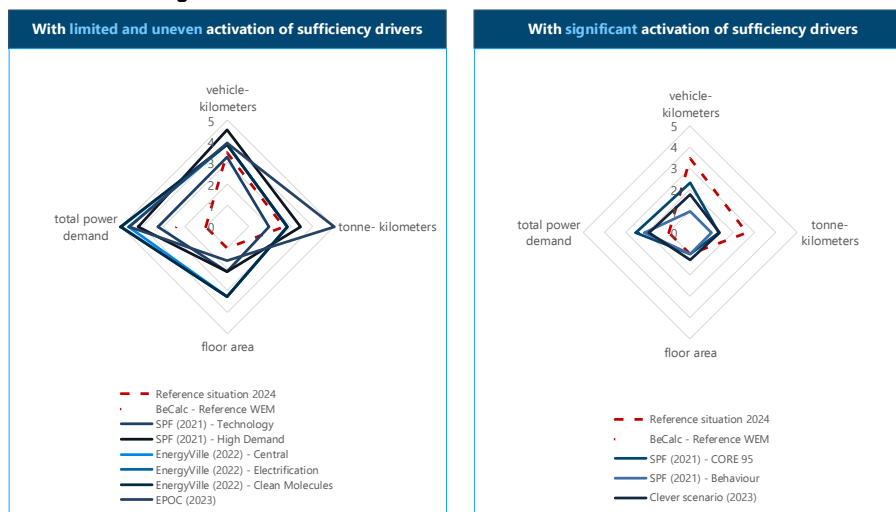
De sectorale analyses (zie eerdere secties) hebben de scenario's gegroepeerd op basis van de decarbonisatiehefbomen die de grootste verschillen tussen hen binnen elke sector verklaren. Een gemeenschappelijk kenmerk van de scenario's in alle sectoren is het gebruik van talrijke energie-efficiëntiehefbomen (zoals gebouwisolatie en de installatie van warmtepompen) en de overstap naar niet-fossiele energie, voornamelijk via elektrificatie (voertuigen, warmtepompen, hernieuwbare energiebronnen en de versterking van elektriciteitsnetten).

Echter, **deze scenario's verschillen aanzienlijk in de mate waarin ze vertrouwen op het matigen van de groei of zelfs het verminderen van bepaalde activiteitsvolumes, zoals nieuwbouw of het aantal afgelegde kilometers met privévoertuigen** (bijvoorbeeld door een toename van carpooling of openbaar vervoer), of het verschuiven van bepaalde activiteiten (bijvoorbeeld een modale verschuiving). De implementatie van deze hefbomen heeft een grote impact op de vereiste capaciteit van het energiesysteem, met name op de vraag naar elektriciteit. In de literatuur worden deze hefbomen aangeduid met de term *sufficiëntie* (« *sufficiency* » in het Engels).

Figuur 21 groepeert de verschillende bestudeerde scenario's op basis van hun gebruik van *sufficiëntiehefbomen*. Aan de ene kant bevinden zich scenario's die weinig maatregelen nemen om activiteitsvolumes te beperken (zoals het totaal aantal voertuigkilometers of de totale bebouwde oppervlakte) of deze hefbomen slechts ongelijkmatig toepassen. Deze scenario's gaan er doorgaans van uit dat deze activiteiten zullen blijven groeien ten opzichte van 2024 (rode streepjeslijn), zij het in een trager tempo dan in het **"With Existing Measures" (WEM)**-scenario (rode gestippelde lijn).

Aan de andere kant passen scenario's zoals **"Clever"** of **"SPF Behaviour"** deze hefbomen veel ingrijpender toe en veronderstellen ze dat sommige activiteitsniveaus zullen afnemen ten opzichte van 2024 (zoals voertuig- of vrachtkilometers) of nagenoeg onveranderd blijven (totale bebouwde oppervlakte), ondanks bevolkingsgroei.

Figuur 21 Mate van activering van efficiëntiehefbomen voor verschillende decarbonisatiescenario's



Bron: SCOI gebaseerd op de scenario's van de auteur

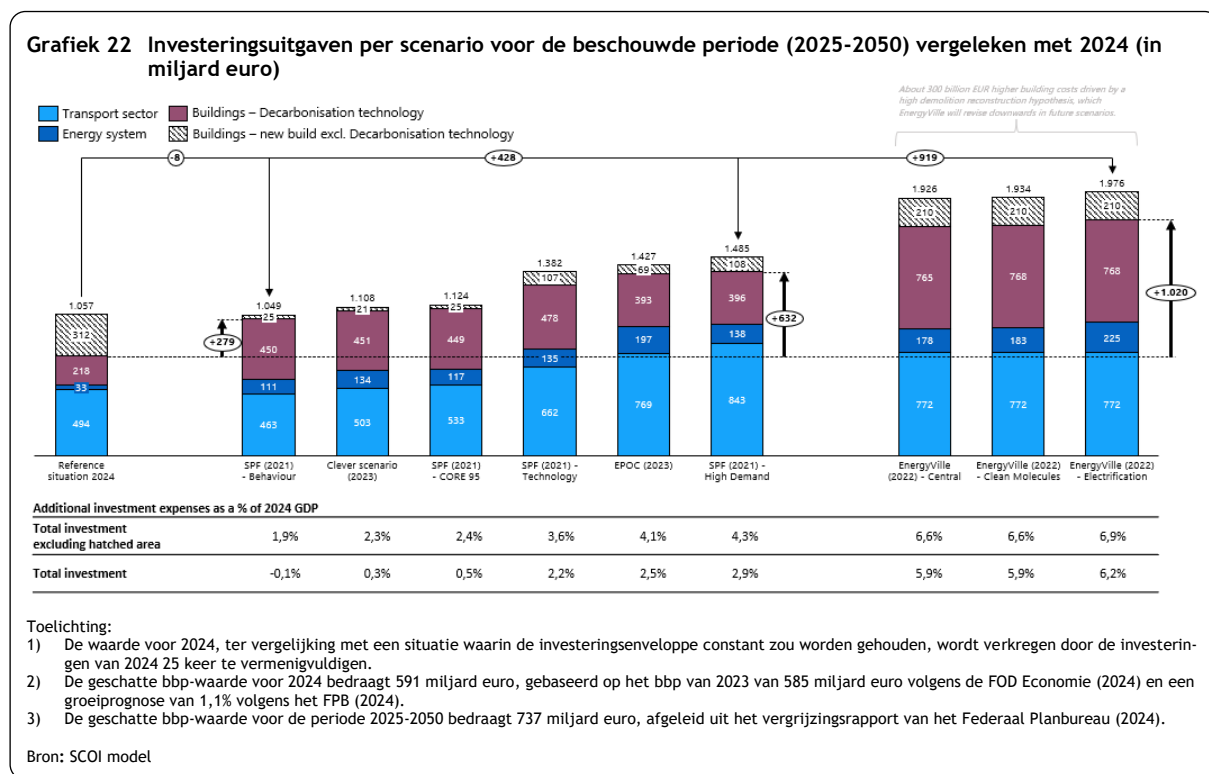
Sommige scenario's, met name die waarin efficiëntiehefbomen uitgebreid worden toegepast, zijn door hun auteurs ontworpen om, naast de uitdaging van het verminderen van broeikasgasemissies, ook andere, verschillende maar direct gerelateerde maatschappelijke vraagstukken te integreren (een systemische benadering). Deze auteurs beschouwen bijvoorbeeld dat indicatoren met betrekking tot het aantal auto's een impact hebben op de luchtvervuiling, zelfs wanneer voertuigen zijn gedecarboniseerd. Op dezelfde manier kan een vermindering van het aantal nieuwe constructies (minder verstedelijking en bodemafdekking) het verbruik van natuurlijke hulpbronnen verminderen en bijdragen aan het behoud van biodiversiteit.⁵⁰

6.2.2. Investeringsuitgaven (CAPEX)

Zoals vermeld in de inleiding (evenals in de sectie over gebouwen), heeft het gebruik van twee maatstaven voor investeringsuitgaven in gebouwen als doel een onderscheid te maken tussen uitgaven die uitsluitend verband houden met decarbonisatietechnologieën (renovatie-uitgaven en, voor nieuwbouw, de extra kosten van decarbonisatietechnologieën in vergelijking met koolstofintensieve alternatieven) en uitgaven die verband houden met de bouw van nieuwe gebouwen, exclusief deze extra kosten (funderingen, ruwbouw, niet-gedecarboniseerde technieken en afwerking).

⁵⁰ Zie bijvoorbeeld het "Clever"-scenario: "Ten slotte kunnen de soort diepgaande veranderingen die in overweging worden genomen niet alleen worden beoordeeld op basis van criteria zoals energievraag, aanbod en broeikasgasemissies. De transformaties zullen waarschijnlijk veel systemischere gevolgen hebben voor andere milieukwesties (biodiversiteit, landgebruik, uitputting van materialen, enz.), evenals voor sociale, economische en maatschappelijke kwesties. Hoewel deze aspecten niet direct worden behandeld door middel van gemiddelde kwantificering in het CLEVER-scenario, is het scenario opgebouwd met een constante zorg voor een sterke duurzaamheid." (Bron: CLEVER (2023) "Klimaatneutraliteit, energiezekerheid en duurzaamheid: een pad om de kloof te overbruggen via Sufficiëntie, Efficiëntie en Hernieuwbare energiebronnen", juni 2023, p.9.). Voor de verschillende SPF (2021)-scenario's, zie bijvoorbeeld pp. 9-10 van SPF (2021), "Scenario's voor een klimaatneutraal België tegen 2050", evenals de beschrijving van de impact op bodems, materiaalbehoefte, luchtvervuiling, enz. in dezelfde publicatie. Zie ook Climact (2021), "Studie over de elektrificatiebehoefte van mobiliteit in België en de bijbehorende gevolgen," december 2021, voor de uitdagingen met betrekking tot de decarbonisatie van mobiliteit binnen het kader van dezelfde scenario's.

Grafieken 22, 23 tonen de totale investeringsuitgaven (CAPEX), zoals gedetailleerd in de voorgaande secties, voor de drie gemodelleerde sectoren over de gehele periode (exclusief industrie).



Ten eerste wordt vastgesteld dat tegen 2050 mogelijk zeer aanzienlijke investeringsniveaus gemobiliseerd moeten worden. De geanalyseerde decarbonisatiescenario's leiden tot een gemiddelde totale investering (CAPEX) over de periode die gelijk is aan of, in de meeste gevallen, hoger ligt dan het niveau dat in 2024 wordt waargenomen, ongeacht de gebruikte methode voor investeringsaggregatie. De investeringsniveaus kunnen gemiddeld tot ongeveer 40 miljard euro per jaar hoger uitvallen in vergelijking met 2024.

Ten tweede is er een aanzienlijke variatie in investeringsniveaus tussen de verschillende scenario's. Deze variatie wordt voornamelijk verklaard door de mate waarin efficiëntie-hefbomen worden ingezet. De vermindering van het volume van bepaalde activiteiten (zoals de afname van het aantal privévoertuigen en de reductie van vierkante meters nieuwbouw) beperkt in deze scenario's aanzienlijk de totale investeringsvereisten.

Het is belangrijk op te merken dat de drie EnergyVille-scenario's uit 2022 uitgaan van een bijzonder hoge afbraak-wederopbouwratio van gebouwen, wat hun investeringsuitgaven aanzienlijk verhoogt (zie hieronder). Dit draagt in grote mate bij aan de substantiële verschillen die worden waargenomen in investeringsuitgaven tussen de scenario's. Nieuwe scenario's, die momenteel door dezelfde auteurs worden ontwikkeld, zullen deze veronderstelling aanzienlijk naar beneden bijstellen, wat zal leiden tot een aanzienlijke vermindering van de bijbehorende investeringsuitgaven.⁵¹

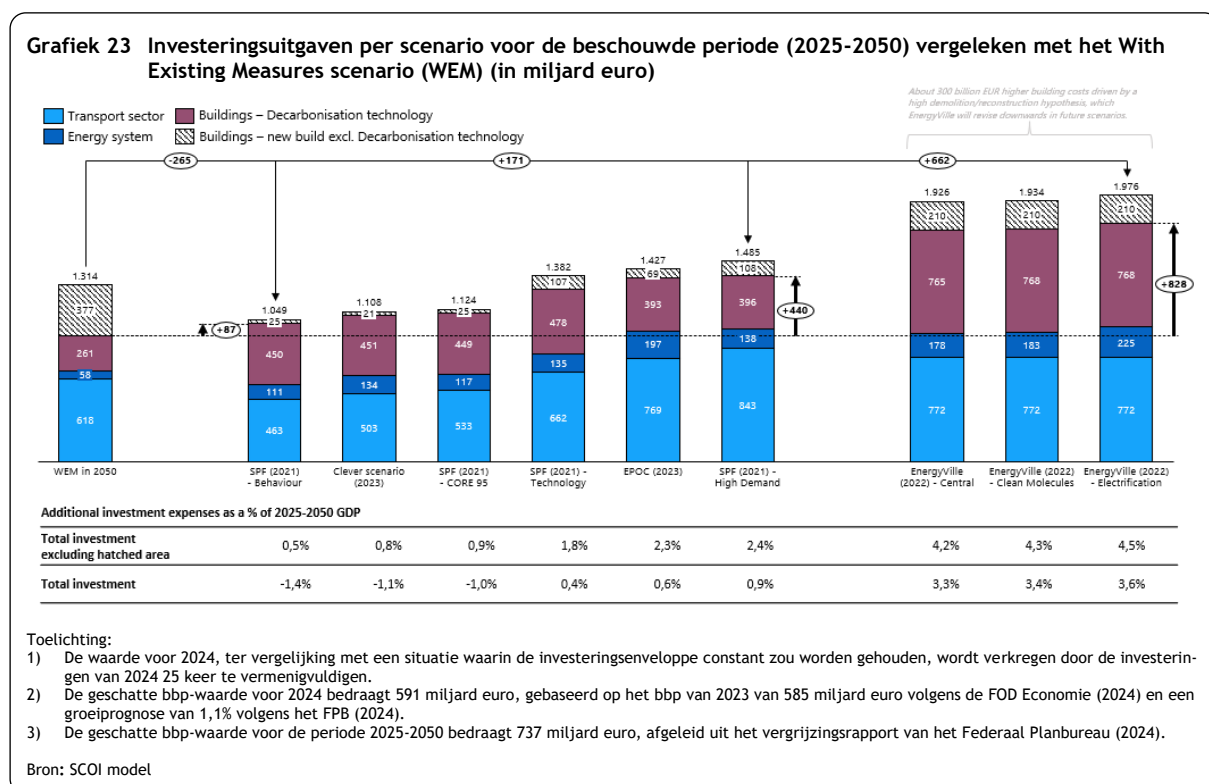
⁵¹ Het veronderstelde afbraak-wederopbouwpercentage bedraagt 1,15% per jaar. Dit percentage zou moeten worden herzien naar waarden rond 0,2%. Deze aanpassing zal een aanzienlijke impact hebben op de beoordeling van de investeringsuitgaven voor gebouwen, aangezien de kosten van renovatie aanzienlijk lager zijn dan die van afbraak en wederopbouw.

Met uitsluiting van deze drie scenario's om de hierboven genoemde redenen, zijn de aanvullende investeringsuitgaven ten opzichte van het referentiescenario 2024 als volgt:

- Aan de bovenkant van de vork bedragen de extra investeringen gemiddeld 25 miljard euro per jaar (4,3% van het bbp); wanneer investeringen die niet verband houden met decarbonisatietechnologieën in de bouwsector worden meegeteld, wordt dit bedrag teruggebracht tot 17 miljard euro (2,9% van het bbp), wat lager is dan het 2024-referentiescenario (zie het "SPF High Demand"-scenario).
- Aan de onderkant van de vork laten scenario's die het meest gebruik maken van efficiëntie-hefbomen een toename zien van 11 miljard euro (1,9% van het bbp) op jaarbasis; wanneer investeringen die niet verband houden met decarbonisatietechnologieën in de bouwsector worden meegeteld, wordt dit bedrag teruggebracht tot bijna nul (zie het "SPF Behaviour"-scenario).

Het **With Existing Measures (WEM)**-scenario gaat echter al uit van een stijging van de investeringsuitgaven. Het vergelijken van de investeringsuitgaven met dit WEM-scenario helpt bij het beoordelen van de noodzaak voor extra beleidsmaatregelen. Voor deze vergelijking moeten beide vormen van investeringsuitgavenaggregatie in overweging worden genomen (zie hierboven).

Als de tweede aggregatiemethode wordt gebruikt (die alleen de extra kosten van decarbonisatietechnologieën voor nieuwe gebouwen omvat), blijkt ook dat alle bestudeerde scenario's leiden tot een hoger gemiddeld totaal investeringsniveau (CAPEX) over de periode dan het WEM-scenario (horizontale doorlopende lijn).



Als de **eerste methode van investeringsaggregatie**⁵² wordt gebruikt, is het ook noodzakelijk om rekening te houden met de uitgaven voor de bouw van nieuwe gebouwen, exclusief hun extra decarbonisatiekosten (gehatched gedeelte in grafieken 23 en 24). Aangezien alle scenario's uitgaan van een kleinere toename van het aantal nieuwe vierkante meters in vergelijking met het WEM-scenario, liggen deze uitgaven in alle scenario's lager dan in het WEM. Zo bedroegen de investeringsuitgaven voor nieuwe gebouwen, exclusief decarbonisatietechnologieën, in 2024 12 miljard euro en gemiddeld 15 miljard euro per jaar in het referentiescenario. In de decarbonisatiescenario's daalt dit bedrag naar een niveau tussen 8 miljard euro (EnergyVille) en 1 miljard euro (SPF Behaviour). **Voor de efficiëntiescenario's, die de toename van nieuwe vierkante meters het meest beperken in vergelijking met het WEM, is dit effect nog sterker. Hierdoor liggen hun totale investeringsniveaus zelfs lager dan die van het WEM.**

Ten derde verandert de samenstelling van investeringen op sectorniveau.

- **In de energiesector** wordt in alle bestudeerde decarbonisatiescenario's een **drastische toename van de investeringsbehoefte verwacht**. Deze stijging wordt veroorzaakt door de toenemende vraag naar elektriciteit, de verschuiving in de energiemix naar koolstofarme bronnen en de noodzakelijke ontwikkeling van netwerken en beheer van intermitterende energiebronnen. Dit resulteert in een investeringsstijging van 3 tot 8 miljard euro op jaarbasis in vergelijking met de situatie in 2024 (een verdrievoudiging tot verzevenvoudiging) en een stijging van 2 tot 7 miljard euro in vergelijking met het referentiescenario (een verdubbeling tot verviervoudiging).
- **In de transportsector** spelen verschillende effecten een rol. Enerzijds leidt de **aanschaf van koolstofarme voertuigen tot een toename van de investeringskosten** die verband houden met voertuigvervanging. Anderzijds wordt, afhankelijk van het scenario, een deel van de mobiliteit verschoven naar het openbaar vervoer (voornamelijk spoor of bussen). Deze alternatieven vereisen aanzienlijke extra investeringen, maar de totale investeringen blijven lager dan de besparingen die ze opleveren door de vermindering van individuele voertuuginvesteringen. Ten slotte wordt in sommige scenario's de vraag naar individuele mobiliteit verminderd of verschoven naar actieve transportmodi, wat de investeringsuitgaven direct verlaagt. Over het algemeen leiden scenario's die **weinig tot geen gebruik maken van modal shift en mobiliteitsreductie tot investeringsuitgaven die tot 71% hoger liggen dan in 2024 en 60% hoger dan in het referentiescenario. Daarentegen leiden scenario's die sterk steunen op modal shift en mobiliteitsreductie tot een daling van 6% van de investeringsuitgaven ten opzichte van 2024 en een daling van 25% in vergelijking met het referentiescenario.**
- **In de bouwsector** vindt een **verschuiving**, of zelfs een transitie, plaats in de investeringsuitgaven **van nieuwe gebouwen zonder decarbonisatietechnologieën** (zie de gehachte secties in figuren 1 en 2) **naar investeringen in de decarbonisatie van nieuwe gebouwen en, nog belangrijker, bestaande gebouwen, inclusief afbraak en wederopbouw**. Deze uitgaven voor de renovatie van bestaande gebouwen en de decarbonisatie van nieuwe gebouwen nemen in alle scenario's aanzienlijk toe. Ze stijgen naar niveaus variërend van 7 miljard euro in het "High

⁵² Ter herinnering: de eerste aggregatiemethode verwijst naar de totale investeringsbehoeften in de bouwsector. Deze schattingen omvatten de totale uitgaven voor de bouw van nieuwe gebouwen, inclusief decarbonisatietechnologieën, evenals funderingen, ruwbouw, afwerking, enz.

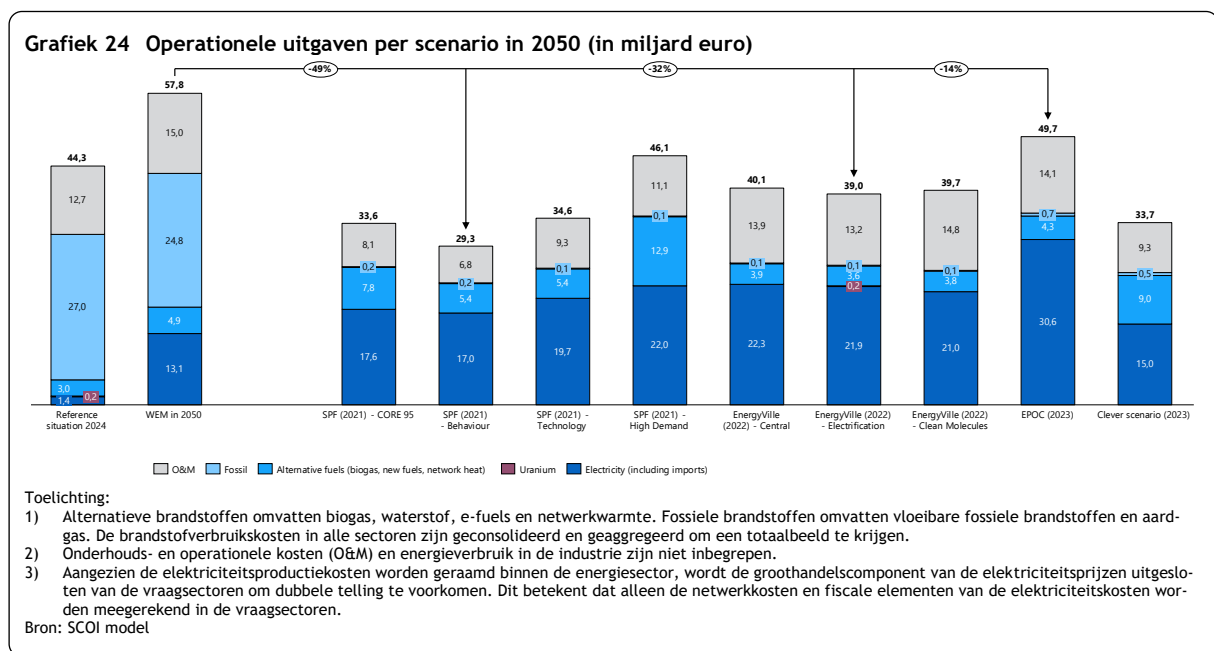
Demand"-scenario, 10 miljard euro in het "SPF Technology"-scenario en tot zelfs 22 miljard euro in de "EnergyVille"-scenario's, op jaarbasis vergeleken met de situatie in 2024. Het moet echter worden opgemerkt dat de "EnergyVille"-scenario's, die de bovengrens van de hierboven beschreven reeks bepalen, worden gekenmerkt door bijzonder hoge investeringsuitgaven als gevolg van de aanname van een uitzonderlijk hoog niveau van afbraak en wederopbouw.

Ter herinnering: de industriële sector kon niet in detail worden gemodelleerd, en we verwijzen naar specifieke studies over dit onderwerp (zie sectie industriële sector). Deze studies schatten een extra kapitaalinvestering voor de decarbonisatie van de industrie in België tegen 2050 op een bedrag tussen **10 en 40 miljard euro** (oftewel tussen 0,4 en 1,6 miljard euro per jaar). Dit bereik moet worden toegevoegd aan de hierboven gepresenteerde resultaten om een volledig beeld te krijgen van de totale aanvullende investeringen.

Er wordt opgemerkt dat de bijkomende investeringsniveaus uit deze studies relatief laag lijken in vergelijking met de extra investeringsuitgaven in andere sectoren. Dit betekent echter niet dat deze bedragen niet significant kunnen zijn op het niveau van een specifieke industrie of bedrijf.

6.2.3. Operationele uitgaven (OPEX)

Grafiek 24 toont de operationele kosten, inclusief brandstof of primaire energiebronnen, in 2050, het moment waarop klimaatneutraliteit wordt bereikt.



Er wordt vastgesteld dat **alle decarbonisatiescenario's de investeringsuitgaven verhogen, maar de operationele kosten verlagen in vergelijking met het WEM-referentiescenario**. Vergeleken met de historische situatie zijn er slechts twee scenario's (SPF High Demand en EPOC) waarin de operationele kosten worden beheerst in plaats van verlaagd.

Dit kan worden verklaard door een combinatie van twee factoren.

Ten eerste leiden **veel van de decarbonisatiehefbomen tot investeringen die de energievraag verminderen**. Voorbeelden hiervan zijn gebouwisolatie, modal shift en energie-efficiëntieverbeteringen dankzij de elektrificatie van voertuigen.

Daarnaast steunt de toename van elektrificatie aan de aanbodzijde sterk op **hernieuwbare energiebronnen, die kapitaalintensiever zijn dan hun koolstofgebaseerde tegenhangers**. Hierdoor leiden de decarbonisatiescenario's tot een aanzienlijke vermindering van de operationele kosten (OPEX) die gepaard gaan met het gebruik van koolstofgebaseerde energie. Hoewel de prijs van elektriciteit en met name synthetische brandstoffen hoger kan liggen dan die van fossiele brandstoffen, is hun totale kost doorgaans lager door de verminderde consumptievolumes.

7. Overheidsinvesteringen en overheidsbeleid: pistes voor mogelijk verder onderzoek

De geanalyseerde scenario's gaan elk uit van een reeks hefboomen die decarbonisatie mogelijk maken. Ze modelleren of veronderstellen echter geen implementatie van een specifiek overheidsbeleid. Toch is overheidsinterventie essentieel om de in deze studie geanalyseerde investeringen te mobiliseren.

Ter herinnering: dit rapport vertegenwoordigt de eerste fase van het werk gericht op het identificeren van investeringsbehoeften. Een tweede fase zou kunnen bestaan uit het analyseren van de verschillende soorten overheidsinterventie vanuit het perspectief van overheidsinvesteringen. In wat volgt schetsen we vijf niveaus waarop een dergelijke interventie zou kunnen plaatsvinden.

Ten eerste moet een reeks transitie-investeringen worden gepland en rechtstreeks worden gefinancierd door de overheid. Dit is vooral relevant voor sectoren waar overheidsinstanties - op federaal, gewestelijk, gemeenschaps- of lokaal niveau - eigenaar zijn van de relevante activa. De belangrijkste voorbeelden zijn openbare gebouwen, zoals overheidskantoren, scholen of sociale huisvesting. Er moeten aanzienlijke investeringen worden gerealiseerd en de overheidsfinanciering ervan moet worden verzekerd.

Ten tweede, kan, zoals eerder vastgesteld door de Studiecommissie,⁵³ de overheidsinterventie voor investeringen verschillende vormen aannemen, waaronder (i) investeringssubsidies, (ii) aandelenparticipatie en leningen, (iii) publiek-private partnerschappen en (iv) overheidsregulering van infrastructuur gefinancierd door privékapitaal. Deze vier vormen van interventie zouden moeten worden ingezet in de context van de klimaatverandering. Sommige daarvan vereisen strategische planning en besluitvorming, zoals de infrastructuur voor openbaar vervoer of de energienetwerken, waaronder opkomende netwerken voor waterstof- of koolstofvervoer. Andere, meer gedecentraliseerde investeringen kunnen ondersteuning of begeleiding vereisen, vooral wanneer ze op individueel niveau (voor huishoudens of bedrijven) niet rendabel zijn. De selectie van geschikte instrumenten moet worden gebaseerd op het bestaande beleidskader op verschillende niveaus, en op onderliggende distributieve en concurrentieoverwegingen. De gevolgen voor de overheidsfinanciën kunnen afhankelijk van de gekozen aanpak aanzienlijk variëren.

Ten derde, als wordt gekozen voor de implementatie van efficiëntiehefboomen, moet een reeks overheidsbeleidsmaatregelen worden ingevoerd. In sommige gevallen gaat het om reeds bestaande overheidsinvesteringen, zoals investeringen in het openbaar vervoer die gericht zijn op het bevorderen van modal shift en het verminderen van het aandeel van verplaatsingen met de auto. In andere gevallen gaat het om specifieke investeringen of beleidsmaatregelen, bijvoorbeeld op het gebied van ruimtelijke ordening of initiatieven voor circulaire economie.

Ten vierde moeten, ongeacht het gekozen scenario, ook investeringen in menselijk kapitaal worden gemobiliseerd. De verschuiving van verschillende activiteiten tussen sectoren, en vooral binnen verschillende sectoren, vereist herverdeling in termen van werkgelegenheid en, nog belangrijker, vaardigheden. De verwerving en verbetering van vaardigheden is gedeeltelijk afhankelijk van de overheid.

⁵³ Zie SCOI (2024). Overheidsinvesteringen: Definitie en Rol, sectie 2.2, box 2

Tot slot, zullen er adaptie-investeringen aan de klimaatverandering moeten worden gedaan, ook al kon dit aspect niet in het kader van deze oefening worden bekeken. In sommige gevallen gaat het om nieuwe soorten investeringen, zoals infrastructuur voor waterbeheer, waarvan het grootste deel collectief wordt beheerd en dus overheidsinterventie vereist. In andere gevallen zijn bepaalde adaptatie-investeringen gekoppeld aan transitie-investeringen, zoals investeringen in verband met oververhitting van gebouwen of infrastructuur voor passagiers-, vracht- of energietransport.

Bovendien zou het nuttig zijn om in een update van deze studie bijkomende scenario's of herzieningen van de momenteel onderzochte scenario's op te nemen, bijvoorbeeld in het licht van het federale regeerakkoord van 2025.

Bibliografie

- Belgische federale en gewestelijke overheden. (2023). 'Projet de mise à jour du Plan National Energie et Climat belge 2021-2030 (PNEC 2023)'. FOD Volksgezondheid en Gewestelijke Overheden. Opgehaald van <https://climat.be/doc/pnec-2023-projet-actualisation.pdf>
- BloombergNEF. (2024). 'New energy outlook 2024'. BloombergNEF. Opgehaald van <https://about.bnef.com/new-energy-outlook>
- Bond Beter Leefmilieu en Climaat (2021). 'Een groene industriële revolutie: Hoe creëren we een klimaatneutrale Vlaamse industrie?' Opgehaald van <https://www.bblv.be/artikel/bbl-berekent-zo-wordt-vlaamse-industrie-sneller-klimaatneutraal>
- Climate Change Committee. (2023). 'Investment for a well-adapted UK.' CCC. Opgehaald van <https://www.theccc.org.uk/wp-content/uploads/2023/01/Investment-for-a-well-adapted-UK-CCC.pdf>
- Clever. (2023). 'Climate neutrality, energy security and sustainability: a pathway to bridge the gap through sufficiency, efficiency and renewables.' Clever. Opgehaald van <https://clever-energy-scenario.eu/#:~:text=The%20CLEVER%20scenario&text=CLEVER%20evaluates%20the%20potential%20of,with%20a%20100%25%20renewable%20mix>
- CNC-NKC. (2023). 'Projections 2050.' Commission Nationale Climat/Nationale Klimaatcommissie. Opgehaald van www.cnc-nkc.be/fr/projections-2050-novembre-2023
- Connaissance des énergies. (2024). 'Qui dit numérique, dit zéro énergie?' Connaissances des énergies. Opgehaald van <https://www.connaissancedesenergies.org/idees-recues-energies/qui-dit-numerique-dit-zero-energie>
- Deloitte, VUB en Climaat. (2020). 'Transitiepotentieel van de Vlaamse industrie, Roadmapstudie en Ontwerp van transitiekader'. Deloitte, VUB en Climaat. Opgehaald van <https://www.moonshot-flanders.be/sites/moonshot/files/docs/Transitiepotentieel-van-de-Vlaamse-industrie-Roadmapstudie-en-Ontwerp-van-transitiekader.pdf>
- Données Mondiales. (n.d.). 'Trafic en Belgique'. Données Mondiales. Opgehaald van <https://www.donneesmondiales.com/europe/belgique/trafic.php>, verondersteld constant te blijven in alle scenario's.
- Elia. (2021). 'Roadmap to net zero: Elia Group's vision on building a climate-neutral European energy system by 2050'. Elia. Opgehaald van https://www.elia.be/-/media/project/elia/shared/documents/elia-group/publications/studies-and-reports/20211203_roadmap-to-net-zero_en.pdf
- Elia. (2023). 'Adequacy and flexibility study for Belgium 2024-2034'. Elia. Opgehaald van <https://www.elia.be/en/electricity-market-and-system/adequacy/adequacy-studies>

- Elia. (2024). 'Belgian Electricity System Blueprint For 2035-2050'. Elia. Opgehaald van https://www.elia.be/en/press/2024/09/20240924_elia-publishes-blueprint-for-the-belgian-electricity-system-2035-2050
- EnergyVille. (2023). 'Scenarios towards a carbon neutral Belgium by 2050'. PATHS2050. Opgehaald van https://perspective2050.energyville.be/sites/energyoutlook/files/inline-files/Full-Fledged%20Report_1.pdf
- EnergyVille. (2024). 'Scenario towards a climate neutral Belgium by 2050'. PATHS2050. Opgehaald van <https://energyville.be/en/blogs/a-paths2050-shift-scenario-towards-a-climate-neutral-2050-for-belgium-what-role-can-low-energy-demand-play/>
- EPOC. (2023). 'Low carbon scenarios for Belgium: insights from a tri-regional energy system model'. A. Moglianesi, et al. Opgehaald van <https://orbi.umons.ac.be/bitstream/20.500.12907/47359/1/2.2.1%20Moglianesi%20A.%20Das%20P.%20Coppens%20L.%20et%20al%20TIMES%20final%20report.pdf>
- Europese Commissie. (2019). 'Overview of transport infrastructure expenditures and costs'. A. Schrotten, et al. Publications Office of the European Union, Luxembourg, 870. Opgehaald van <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/7ab899d1-a45e-11e9-9d01-01aa75ed71a1>
- Europese Commissie. (2024). 'Impact assessment report: Europe's 2040 climate target and path to climate neutrality by 2050 – Building a sustainable, just and prosperous society'. Commission Staff Working Document, februari. Europese Commissie. Opgehaald van <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2024%3A63%3AFIN>
- Europese Commissie. (2024). 'The future of European competitiveness: In-depth analysis and recommendations (Draghi report)'. Opgehaald van https://commission.europa.eu/document/download/97e481fd-2dc3-412d-be4c-f152a8232961_en
- Federale regering. (2024). 'Vision Rail 2040'. Ministerie van mobiliteit. Opgehaald van <https://gilkinet.belgium.be/sites/default/files/articles/Vision%20Rail%202040.pdf>
- Federaal Planbureau. (2020). 'Fuel for the Future: more molecules or deep electrification of Belgium's energy system by 2050'. D. Devogelaer, Working Paper 4-20. Opgehaald van <https://www.plan.be/fr/publications/fuel-future-more-molecules-or-deep-electrification>
- Federaal Planbureau. (2021). 'Bon vent: setting sail for a climate neutral Belgian energy system'. D. Devogelaer en D. Gusbin, Working Paper 8-21. Opgehaald van <https://www.plan.be/en/publications/bon-vent-setting-sail-climate-neutral-belgian>
- Federaal Planbureau. (2024). 'Perspectives énergétiques de la Belgique: politique annoncée'. Federaal Planbureau/Bureau Fédéral du Plan. Opgehaald van <https://www.plan.be/fr/publications/perspectives-energetiques-de-la-belgique-politique>

- FOD Volksgezondheid. (2019). 'Plan énergie climat 2030'. Service Public Fédéral Santé Publique/Federale Overheidsdienst Volksgezondheid. Opgehaald van https://document.environnement.brussels/opac_css/electfile/plan_energie_climat_klimaatplan_2030_fr
- FOD Volksgezondheid. (2021). 'Scenarios for a climate neutral Belgium by 2050'. Service Public Fédéral Santé Publique/Federale Overheidsdienst Volksgezondheid. Opgehaald van <https://climat.be/doc/climate-neutral-belgium-by-2050-report.pdf>
- FOD Volksgezondheid. (2024). 'The landscape of carbon and energy pricing and taxation in Belgium'. Public Fédéral Santé Publique/Federale Overheidsdienst Volksgezondheid. Opgehaald van <https://klimaat.be/doc/the-landscape-of-carbon-and-energy-pricing-and-taxation-in-belgium-2024.pdf>
- France Stratégie. (2023). 'Incidences économiques de la transition climatique en France'. France Stratégie. Opgehaald van <https://www.strategie.gouv.fr/sites/strategie.gouv.fr/files/atoms/files/2023-incidences-economiques-rapport-pisani-5juin.pdf>
- Institut Rousseau. (2024). 'Road to net zero: Bridging the Green Investment Gap'. Institut Rousseau. Opgehaald van <https://institut-rousseau.fr/road-2-net-zero/>
- Institute for Climate Economics. (2024). 'European climate investment deficit report: An investment pathway for Europe's future'. I4CE. Opgehaald van <https://www.i4ce.org/en/publication/european-climate-investment-deficit-report-investment-pathway-europe-future/>
- International Energy Agency. (2021). 'Net Zero Roadmap: A global pathway to keep the 1.5 °C goal in reach'. IEA. Opgehaald van <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>
- International Energy Agency. (2024). 'World Energy Outlook 2024'. IEA. Opgehaald van <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2024>
- International Renewable Energy Agency. (2023). 'World energy transitions outlook 2023: 1.5°C pathway'. IRENA. Opgehaald van <https://www.irena.org/Publications/2023/Jun/World-Energy-Transitions-Outlook-2023>
- JRC. (2023). 'Advanced biofuels in the European Union: Status report on technology development, trends, value chains, and markets'. Joint Research Centre. Opgehaald van https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC135082/JRC135082_01.pdf
- McKinsey & Company. (2023). 'Net zero or growth? How Belgium can have both'. McKinsey. Opgehaald van <https://www.mckinsey.com/capabilities/sustainability/our-insights/net-zero-or-growth-how-belgium-can-have-both>
- Nationale Bank van België. (2024). Climate dashboard, lente 2024. Opgehaald van <https://www.nbb.be/en/publications-and-research/economic-and-financial-publications/climate-dashboard>

- National Climate Commission. (2023). 'Belgian national energy and climate plan'. NCC. Opgehaald van <https://www.nationalenergyclimateplan.be/ec-courtesy-translation-be-necp-draft-update.pdf>
- Nerlich, Carolin and Köhler Ulbrich, Petra and Andersson, Malin and Pasqua, Carlo and Abraham, Laurent and Bańkowski, Krzysztof and Emambakhsh, Tina and Ferrando, Annalisa and Grynberg, Charlotte and Groß, Johannes and Hoendervangers, Lucia and Kostakis, Vasileios and Momferatou, Daphne and Rau-Göhring, Matthias and Rariga, Judit and Rusinova, Desislava and Setzer, Ralph and Spaggiari, Martina and Tamburrini, Fabio and Vendrell, Josep Maria and Vinci, Francesca. (2025). Investing in Europe's Green Future: Green Investment Needs, Outlook and Obstacles to Funding the Gap. ECB Occasional Paper No. 2025/367. Verkrijgbaar via SSRN: <https://ssrn.com/abstract=5088767> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.5088767>
- BHG. (2020). 'Stratégie de réduction de l'impact environnemental du bâti existant en Région de Bruxelles-Capitale aux horizons 2030-2050'. Brussels Hoofdstedelijk Gewest. Opgehaald van https://environnement.brussels/sites/default/files/user_files/strategie_reno_fr.pdf
- BHG. (2022). 'Plan de déploiement des bornes de chargement en Région de Bruxelles-Capitale'. Brussels Hoofdstedelijk Gewest. Opgehaald van https://electrify.brussels/sites/default/files/2022-12/electrify_plan_de_deploiement_des%20bornes.pdf
- Service Public de Wallonie. (2020). 'Stratégie wallonne de rénovation énergétique à long terme du bâtiment'. Service Public de Wallonie, Territoire, Logement, Patrimoine, Energie. Opgehaald van <https://developpementdurable.wallonie.be/sites/default/files/resources/strategie-wallonne-a-long-terme-pour-la-renovation-energetique-des-batiment.pdf>
- Service Public de Wallonie. (2022). 'Plan de déploiement des bornes de chargement en Wallonie'. Service Public de Wallonie. Opgehaald van <https://energie.wallonie.be/fr/24-11-2022-plan-de-deploiement-des-bornes-de-chargeement-en-wallonie.html?IDC=8187&IDD=167737>
- Federale Overheidsdienst Mobiliteit en Vervoer. (2022). 'Le réseau belge des voies maritimes en mer du Nord'. Federale Overheidsdienst Mobiliteit en Vervoer. Opgehaald van <https://mobilit.belgium.be/fr/navigation/navigation-mer-du-nord-belge/routes-maritimes-mer-du-nord/le-reseau-belge-des-voies>
- SCOI. (2024). Overheidsinvesteringen: definitie en rol – Referentiekader van de Studiecommissie voor overheidsinvesteringen. Wettelijk depot: D/2024/11.691/ 1.
- SCOI. (2024). Stand van Zaken van overheidsinvesteringen in België 2024. Wettelijk depot: D/2024/11.691/11.
- TYNDP. (2022). 'Scenario Report, Ten-Year Network Development Plan'. ENTSOG en ENTSO-E. Opgehaald van <https://2022.entsos-tyndp-scenarios.eu/>
- Vlaamse regering. (2021). 'Besluit van de Vlaamse Regering over de laadinfrastructuur voor elektrische voertuigen'. Vlaamse regering. Opgehaald van https://assets.vlaanderen.be/image/upload/v1653993308/CPT_2021_1217_VR_DOC_15712_BVR_drz3yz_fmh8ve.pdf

Vlaamse regering. (2020). 'Langetermijnstrategie voor de renovatie van Vlaamse gebouwen 2050'.
Vlaamse regering. Opgehaald van <https://www.vlaanderen.be/veka/energie-en-klimaatbeleid/vlaamse-langetermijnrenovatiestrategie-voor-gebouwen-2050>