

Berekening milieu- en financiële effecten van klimaat- en energiemaatregelen

In opdracht van

Ministerie van Klimaat en Groene Groei

Met dank aan het Planbureau voor de Leefomgeving alsook Netbeheer Nederland voor inhoudelijke afstemming

Rob Terwel, Naomi Hanemaaijer, Sander Kempkes en John Kerkhoven

17 november 2025

Samenvatting

In opdracht van het secretariaat van de werkgroep formatierapport klimaat en energie heeft Kalavasta doorerekend wat de effecten zijn van een viertal beleidspakketten bestaande uit een selectie van een vijftigtal klimaatmaatregelen op het gebied van broeikasgasemissies, energieverbruik en lasten voor de jaren 2030, 2035 en 2040. Dit rapport presenteert de hoofduitkomsten van de impact van deze pakketten.

Om de effecten van individuele maatregelen en samengestelde beleidspakketten door te rekenen is een basispad opgesteld in het Energie Transitie Model. Op basis van de Klimaat- en Energieverkenning (KEV2024) en de KEV2025 is in samenspraak met PBL geanalyseerd hoe de energietransitie zich volgens het huidige beleid richting 2040 zal ontwikkelen. De uitkomsten van deze analyse zijn verwerkt in een drietal basispadscenario's in het Energie Transitie Model (ETM) voor de steekjaren 2030, 2035 en 2040. Deze basispadscenario's bevatten een beschrijving van het energiesysteem dat verwacht wordt op basis van de KEV2025. Door de vijftig losse maatregelen alsook de vier beleidspakketten binnen dit referentiekader te evalueren, wordt duidelijk wat het additionele en cumulatieve effect bovenop vast en voorgenomen beleid is. Het ETM zorgt daarnaast voor een integrale doorrekening, waarin bijvoorbeeld de elektrificatie van de vraagsectoren op uurbasis ingevuld wordt op basis van het productiepark dat aan de aanbodzijde, inclusief import via interconnectoren, gerealiseerd is.

Deze doorrekening is in zeer kort tijdsbestek (zes weken) uitgevoerd. De aanpak en uitkomsten zijn per sector besproken met sectorexperts van het PBL, maar Kalavasta is verantwoordelijk voor de resultaten en interpretatie. Hoewel de doorlooptijd beperkingen aan diepgang en detail oplegt, geeft deze doorrekening een helder eerste beeld van de effecten van de pakketten.

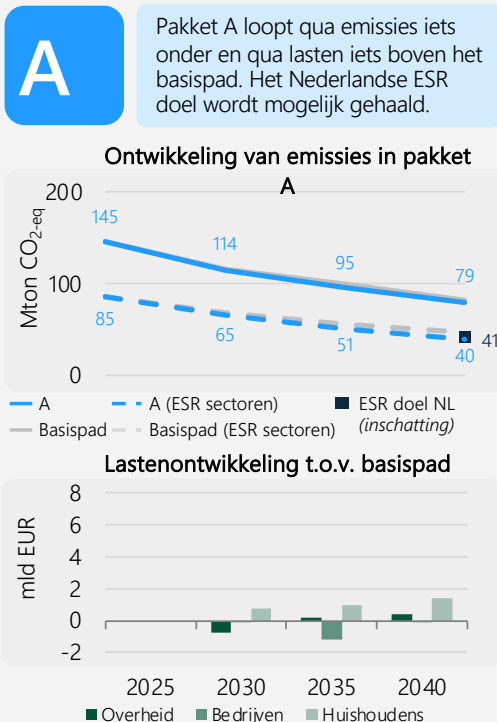
In de infographic op de volgende pagina worden de uitkomsten van deze doorrekening van de vier pakketten t.o.v. het basispad getoond op het gebied van emissies en lasteneffecten.

Bij deze resultaten moeten enkele opmerkingen worden geplaatst. In algemene zin worden verwachtingswaarden en puntuitkomsten gepresenteerd, maar de bandbreedte is groot door onzekerheden rond energieprijzen, gedrag en implementatie. Het was echter binnen de doorlooptijd niet mogelijk om meerdere doorrekeningen, gevoeligheidsanalyses en kansberekeningen te doen om deze bandbreedtes te bepalen. Voor de lasteneffecten worden de totale effecten gerapporteerd, maar de effecten voor individuele huishoudens en bedrijven kunnen aanzienlijk afwijken. Er was binnen deze doorrekening geen ruimte om dit in kaart te brengen. Illustratief kan echter worden gesteld dat huishoudens en bedrijven die nog gas gebruiken in 2040, daarvoor fors hogere uitgaven kennen. Voornamelijk in de B pakketten loopt de energiebelasting dusdanig op dat op basis van het huidige gemiddelde aardgasverbruik een huishouden dat nog gas voor verwarming gebruikt honderden euro's extra zou moeten betalen.

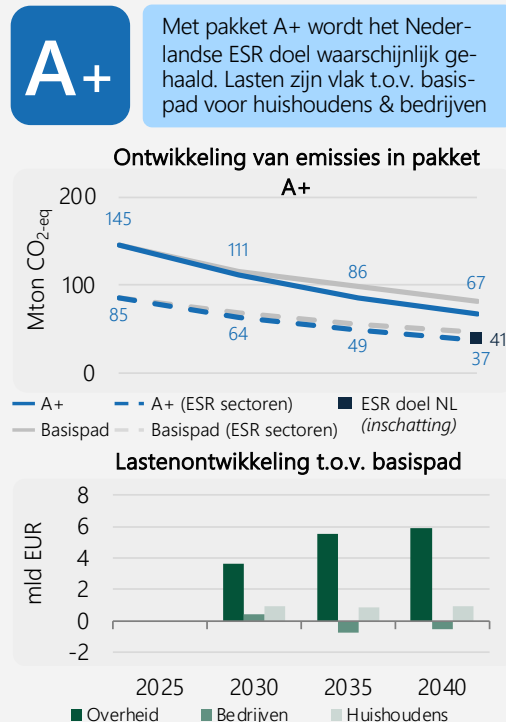
BUDGETARM



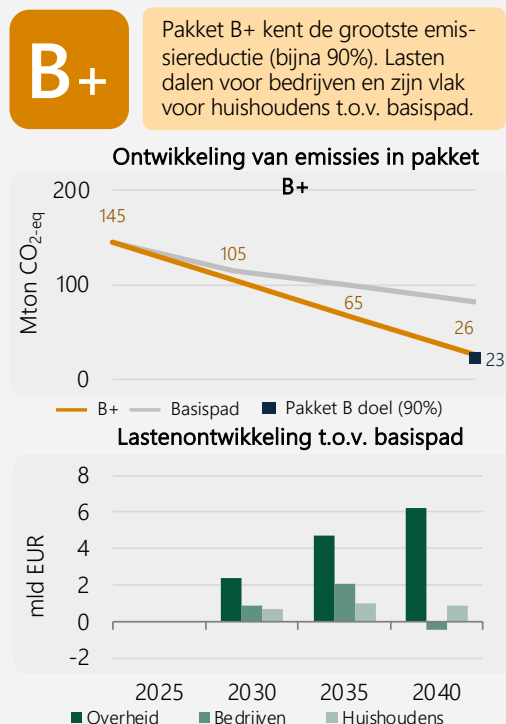
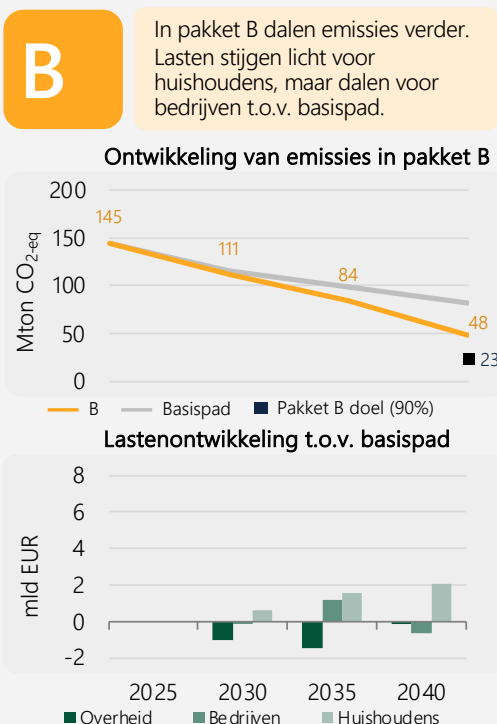
PAKKET A: LAGERE AMBITIE (ESR doel 75%)



INCLUSIEF INZET EXTRA MIDDELEN



PAKKET B: HOGERE AMBITIE (Nationaal doel 90%)



Figuur 1: Overzicht van ontwikkeling van de totale emissies en lasten per pakket voor de steekjaren 2030, 2035 en 2040. Emissies betreffen totale broeikasgasemissies in Nederland volgens IPCC-methodiek. Lasten overheid bestaan uit additionele uitgaven aan maatregelen en inkomsten uit heffingen (energiebelasting en CO₂-heffing). Lasten huishoudens zijn uitgaven aan warmtevoorziening. Lasten bedrijven beslaan alle energiegerelateerde uitgaven van industrie, dienstensector en landbouw.

In de A pakketten wordt gestuurd op een door de werkgroep gemaakte inschatting van het ESR-doel voor de ESR-sectoren (gebouwde omgeving, mobiliteit, landbouw en niet-ETS1 industrie).¹ Dit doel wordt in het A+ pakket waarschijnlijk en in het A pakket mogelijk gehaald. In het A pakket dalen de emissies in de ESR-sectoren met ongeveer 7 Mton t.o.v. het basispad. Dit komt met name door een daling van emissies in gebouwde omgeving en landbouw. Voor de industrie, elektriciteitsproductie en dienstensector die onder het ETS1 valt, geldt dat het ETS1 de prikkel tot verduurzaming geeft. In de doorrekening van PBL wordt aangenomen dat het ETS1 geen borgende werking heeft, waardoor er nog significante restemissies voor industrie aanwezig zijn in 2040. Pakket A is ongeveer budgetneutraal voor de overheid, grotendeels lastenneutraal voor bedrijven en geeft beperkte lastenstijgingen voor huishoudens (ongeveer 2 miljard euro per jaar) ten opzichte van het basispad. Pakket A+ daarentegen kent ongeveer 6 miljard aan jaarlijkse additionele uitgaven van de overheid, zoals begroot, en is op totaalniveau eveneens grotendeels lastenneutraal voor zowel bedrijven als huishoudens. Door de additionele uitgaven zijn er minder restemissies en worden de ESR-doelen waarschijnlijk gehaald.

De B pakketten sturen op 90% reductie ten opzichte van 1990 en kennen een grotere emissiereductie dan de A pakketten, met name in industrie, landbouw en mobiliteit. Het B+ pakket benadert hierdoor waarschijnlijk de beoogde 90% emissiereductie in 2040. In de industrie is er in beide B pakketten een aanscherping van de nationale CO₂-heffing, met als gevolg dat de industriële emissies die onder deze heffing vallen geheel verdwijnen. Indien wordt aangenomen dat het ETS1 wel een borgend karakter heeft, zou de emissiereductie in het basispad en de A pakketten groter zijn en het verschil tussen de A en B pakketten afnemen. In de landbouw en mobiliteit vindt verdere emissiereductie plaats door aanscherping van beprijzende maatregelen. In het B+ pakket komt daar nog emissiereductie in de energievoorziening bij, met name door de extra uitrol van offshore wind via contracts for difference en de ombouw van kolencentrales naar biomassa-centrales met gedeeltelijke CO₂-afvang. Pakket B is wederom ongeveer budgetneutraal vormgegeven voor de overheid. Het pakket kent een lastenstijging voor huishoudens (2 miljard euro per jaar) en voor bedrijven (2 miljard euro per jaar in 2035, maar neutraal in 2040) t.o.v. het basispad. Het pakket B+ bevat additionele jaarlijkse uitgaven van ongeveer 6 miljard euro voor de overheid, zoals begroot, en lastenstijging van bijna 2 miljard euro per jaar voor bedrijven in 2035 (neutraal in 2040) en ongeveer 1 miljard euro/jaar voor huishoudens t.o.v. het basispad.

De emissies dalen in alle pakketten ten opzichte van het basispad. Deze daling is doorgaans nog beperkt in 2030 en in geen van de pakketten wordt het 55% emissiereductiedoel gehaald. Het additionele emissiereductiepotentieel is ook beperkt omdat veel maatregelen pas in of tegen

¹ Over het vervolg van de ESR wordt volgend jaar nog onderhandeld, de opdrachtgever heeft daarom een eerste inschatting gemaakt uitgaande van een overkoepeld EU-doel van 90% met 5% internationale kredieten.

2030 ingaan of effect beginnen te hebben. Richting 2040 dalen de emissies sterker, met de reductie alsook ambitie oplopend van het budgetneutrale pakket A via A+ en het budgetneutrale pakket B naar B+. Met betrekking tot het energieverbruik treedt er in alle pakketten additionele energiebesparing op, neemt het stroomverbruik toe en stijgt de hernieuwbaarheid van de vraag ten opzichte van het basispad.

In de bovenstaande analyse is geen industriële weglek verondersteld, terwijl dit in de B pakketten door de aanscherping van de CO₂-heffing waarschijnlijk wel een reëel risico is. Hier is een aanvullende analyse voor gedaan voor de sectoren raffinage en organische basischemie. De beslissing voor bedrijven om productie in een land te staken is zeer complex en lastig te voorspellen, maar de analyse voor de twee onderzochte sectoren wijst wel op hoog weglekrisico. De lastenstijging door de aanscherping van de CO₂-heffing zou in 2040 in de orde grootte van de historische jaarlijkse winst kunnen zijn. Bedrijven zullen deze extra lasten daarom zeer waarschijnlijk willen vermijden. Dat geeft twee opties: ofwel verduurzamen ofwel vertrekken. Indien bedrijven de kosten van de nationale heffing niet kunnen doorberekenen of hiervoor niet gecompenseerd worden, is vertrek het meest waarschijnlijke scenario. Daarmee luidt de conclusie dat er een hoog weglekrisico is in pakket B en in mindere mate pakket B+, waar meer ondersteunende maatregelen voor de industrie voorzien zijn. Indien deze weglek zich manifesteert, leidt dit tot lagere energievraag, minder transport en lagere emissies van elektriciteitsproductie, maar ook een daling van overheidsinkomsten, zoals via de energiebelasting.

Verder is in deze bovenstaande uitkomsten nog geen rekening gehouden is met effecten van netcongestie en leveringszekerheid alsook innovatie. Deze zijn additioneel over de pakketten heen vastgesteld, voor netcongestie op basis van de extra elektrificatie ten opzichte van het basispad en expertinschattingen van de netbeheerders van verwachte beperkingen. Het effect van deze drie factoren op de emissies is het grootst in 2035 (ruim 4 Mton CO₂-eq extra emissies). In 2040 kent dit een grote bandbreedte van -3 tot 4 Mton CO₂-eq door het grotendeels wegvallen van netcongestie en eventuele positieve effecten van innovatie, maar ligt de verwachtingswaarde op enige additionele emissies. Daarmee worden de uitkomsten van de analyse met inbegrip van deze effecten niet wezenlijk anders voor 2040 voor de restemissies.

In alle pakketten worden stappen voor verdere reductie van de broeikasgasuitstoot gezet. Met alle pakketten zou ook het Nederlandse ESR doel voor de ESR-sectoren in 2040 gehaald kunnen worden – met vrij grote zekerheid in de B pakketten, waarschijnlijk in het A+ pakket en mogelijk in het A pakket. Ook wordt in alle sectoren een verdere transformatie richting klimaatneutrale eindbeelden ingezet. De lasteneffecten van de pakketten verdienen daarbij verdere aandacht omdat de verschillen tussen sectoren, huishoudens en bedrijven groot kunnen zijn en deze pakketten en de energietransitie in bredere zin aan tempo en draagvlak zou kunnen verliezen als partijen financieel niet mee kunnen. Desalniettemin bieden deze maatregelen, pakketten en analyse belangrijke bouwstenen om toe te werken richting een klimaatneutrale samenleving.

Inhoudsopgave

Samenvatting	2
Introductie	7
Methode.....	8
<i>Basispad.....</i>	<i>9</i>
<i>Beleidspakketten.....</i>	<i>10</i>
Energievoorziening	10
Industrie.....	13
Gebouwde omgeving	17
Mobiliteit	20
Landbouw & landgebruik	22
Impact van de pakketten	27
<i>Emissies.....</i>	<i>27</i>
Totale nationale emissies	27
Emissies in de ESR-sectoren.....	29
Bruto en negatieve emissies in 2040.....	30
Energievoorziening	31
Industrie.....	32
Gebouwde omgeving	34
Mobiliteit	35
Landbouw en landgebruik.....	37
<i>Energievraag</i>	<i>40</i>
<i>Lastenontwikkeling</i>	<i>42</i>
Overheid.....	42
Huishoudens	43
Bedrijven.....	44
Industriële bedrijven	47
<i>Weglekrisico's.....</i>	<i>49</i>
<i>Maakbaarheidsanalyse.....</i>	<i>54</i>
Conclusies	60
Tabellen bijlage	62

Introductie

In het kader van de Tweede Kamerverkiezing en daaropvolgende formatie heeft het Ministerie van Klimaat en Groene Groei samen met het Ministerie van Financiën een onafhankelijke werkgroep ingesteld. Deze werkgroep heeft als doel het in kaart brengen van beleidskeuzes, financiële en wetgevingsconsequenties die een volgend kabinet moet maken voor de realisatie van de transitie naar een duurzame, concurrerende en weerbare economie en samenleving.

Hiervoor zijn kwantitatieve inzichten nodig over de milieu- en financiële effecten van aanvullende maatregelen en beleidspakketten binnen het kader van klimaat- en energiebeleid voor 2030, 2035 en 2040. Kalavasta is gevraagd om de werkgroep hierbij te ondersteunen.

Dit rapport analyseert ongeveer vijftig door de werkgroep voorgestelde beleidsmaatregelen met impact op het klimaat en de energievoorziening, verdeeld over vijf sectoren: industrie, gebouwde omgeving, mobiliteit, landbouw & landgebruik en energievoorziening. De maatregelen zijn door-gerekend op emissiereductie, energievraag en lastenontwikkeling voor overheid, bedrijven en huishoudens. Daarnaast zijn ze gebundeld in vier pakketten die verschillende keuzes vertegenwoordigen (budgettechnisch en qua gestelde doelen). De maatregelen en pakketten zijn zoveel mogelijk doorerekend in het Energie Transitie Model om de effecten te kwantificeren.

Het vervolg van dit rapport bevat een korte beschrijving van de gehanteerde methode en presenteert vervolgens per sector de voorgestelde maatregelen en de impact van de pakketten op emissies, energievraag en lastenontwikkeling. De detailberekeningen, -methodologie en scenariolinks zijn beschikbaar via een apart Excel-bestand welke aan het secretariaat van de werkgroep beschikbaar gesteld is. Deze bevat vertrouwelijke informatie uit maatregelfiches en kan daarom niet publiek gemaakt worden.

De werkzaamheden voor deze doorrekening zijn in een zeer kort tijdsbestek (6 weken) uitgevoerd. Het betreft een integrale doorrekening, waarbij echter de mate van maatregelanalyse en verwerking door de beschikbare tijdslijnen beperkt zijn. Waar daaraan behoefte was, is geschakeld met fiche-auteurs om tot een beter begrip van maatregelen te komen. Om een beter zicht te verkrijgen om effecten van maatregelen en pakketten, zou de tijd genomen moeten worden voor een uitgebreidere doorrekening, met onder andere meerdere iteraties tussen fiche auteurs en modelleurs. Desalniettemin biedt onze doorrekening een duidelijk beeld van de effecten van beleidspakketten en maatregelen, die besproken zijn met het secretariaat van de werkgroep alsook sectorexperts van PBL voor de sectoren gebouwde omgeving, landbouw en landgebruik, industrie en energievoorziening. Waar gepast is deze ook van aanvullende duiding op basis van deze gesprekken voorzien. Voor Mobiliteit zijn de maatregelen voor personenvervoer en bestelauto's doorerekend door RevNext, deze berekeningen zijn niet besproken met PBL-experts.

Methode

De doorrekening van de klimaatmaatregelen is uitgevoerd met het Energie Transitie Model (ETM). In afstemming met het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) is een basispad voor de periode 2025-2040 geconstrueerd. Dit basispad is gebaseerd op wat in de KEV 2025 het basispad + aanvullend beleid wordt genoemd. Voor 2030 en 2035 zijn KEV 2024 ETM-scenario's (opgesteld door Quintel in samenwerking met PBL) geactualiseerd met beleid dat in de Klimaat- en Energieverkenning 2025 als nieuw beleid wordt beschouwd. Dit is gedaan op basis van getallen die PBL heeft aangeleverd met betrekking tot wijzigingen tot het energieverbruik in die periodes. Voor 2040 is het 2035 scenario doorgetrokken naar 2040 met hierin het doorzetten van trends en verwerken van additioneel beleid. Hierin is de energievraag ook afgestemd met de waardes zoals PBL deze voor 2040 met ons gedeeld heeft.

De vijftig maatregelen uit de fiches zijn vervolgens individueel beoordeeld en waar mogelijk afzonderlijk doorerekend in het ETM. Voor sommige maatregelen was direct helder welke waarde in het ETM moest worden ingevoerd. Andere maatregelen vereisten aanvullende analyse of raadpleging van bestaande rapportages om tot een onderbouwde inschatting te komen. In gevallen waar data ontbrak is een expert judgement gemaakt om de maatregel toch te kunnen kwantificeren. Voor de belangrijkste maatregelen is in de beschrijving van de sectoren die volgt kort besproken op welke manier de doorrekening heeft plaatsgevonden.

Naast de individuele doorrekeningen zijn de vier pakketten integraal gemodelleerd, waarbij interacties tussen maatregelen binnen een pakket zijn meegenomen. Het ETM levert inzicht in emissies en directe kosten. Voor de lastenontwikkeling zijn aanvullende berekeningen uitgevoerd: belastingeffecten zijn bepaald via $p \cdot q$ -berekeningen, evenals de gevolgen van energieprijzen voor huishoudens en bedrijven. In deze doorrekening is nog geen rekening gehouden met mogelijke beperkingen vanuit netcongestie en leveringszekerheid, deze worden met een aanvullende analyse onderzocht.

Het geconstrueerde basispad en de uitkomsten van de berekeningen zijn met sectorexperts van PBL besproken. De verkregen feedback is verwerkt in de analyses die in dit rapport worden gepresenteerd. De gedetailleerde methodologische verantwoording en berekeningsresultaten zijn opgenomen in de bijgevoegde Excel-bestanden, maar omdat deze onder andere vertrouwelijke informatie uit de maatregelfiches bevat, worden deze niet gepubliceerd. De sectorindeling en emissieberekening in het ETM is niet identiek aan de methodiek die PBL volgt. We hebben gepoogd zo goed mogelijk bij PBL aan te sluiten, maar in sommige gevallen zijn er wel afwijkingen van betreft (sectorale) emissies in het basispad. De sectorindeling en emissieberekening die wij hanteren is gelijk tussen het basispad en de pakketdoorrekening en de belangrijkste resultaten zijn de delta's die worden berekend ten opzichte van het basispad. De uiteindelijke resultaten zijn geheel voor rekening van Kalavasta.

Basispad

De evaluatie van beleidsmaatregelen en pakketten richting 2030, 2035 en 2040 vereist een helder basispad waarin de effecten van bestaand beleid zijn verwerkt. Dit basispad dient als referentie waartegen de extra maatregelen worden afgezet. De zorgvuldige constructie van dit basispad bepaalt in belangrijke mate de bruikbaarheid van de analyses.

Voor de doorrekeningen van de pakketten en maatregelen is het Energietransitiemodel (ETM) gebruikt. Het ETM bevat scenario's voor 2030 en 2035 die gebaseerd zijn op de Klimaat- en Energieverkenning 2024 en in afstemming met PBL zijn ontwikkeld. Om aan te sluiten bij de meest recente KEV 2025 zijn de beleidswijzigingen van het afgelopen jaar (in de KEV genoemd het basispad + aanvullend) in deze scenario's verwerkt, om tot ETM-scenario's gebaseerd op de KEV 2025 te komen. De resultaten van deze aanpassingen om tot deze scenario's te komen zijn besproken met PBL. In de onderstaande tabel staan de belangrijkste wijzigingen van de bestaande ETM-scenario's gebaseerd op de KEV 2024 om tot scenario's van de KEV 2025 te komen.

Tabel 1: Beknopt overzicht van aanpassingen in bestaande KEV2024 scenario's in het ETM.

Aanpassingen van KEV 2024 scenario's	2030	2035
Wind op zee	10 GW ipv 12 GW vermogen	Geen wijzigingen
Daling productievolumes ammoniak	-20%-punt productie	-20%-punt productie
Daling productievolumes basischemie	-10%-punt productie	-10%-punt productie
Daling productievolumes staal	-11%-punt productie	-11%-punt productie
Daling emissies glastuinbouw	-0,9 Mton CO ₂ -eq emissies, met name door inzet warmtepompen	Aanpassingen 2030 extrapoleren richting 2035
Meer ingroei elektrische auto's	+1,5%-punt elektrische auto's in personenvervoer	+1,5%-punt elektrische auto's in personenvervoer
Additionele bijmeng biobrandstoffen	+13 PJ extra bijmeng biobrandstoffen	Gelijk bijmengpercentage aanhouden als in 2030
RFNBO-aanpassingen	+4 PJ waterstof in raffinage	+4 PJ waterstof in raffinage
Energievraag datacenters	60 PJ energievrage	70 PJ energievrage
Wijzigingen met betrekking tot import van elektriciteit	Meer import toestaan zodat Nederland netto-importeur wordt	Meer import toestaan zodat Nederland netto-importeur wordt

Om tot een scenario voor 2040 te komen is het scenario van 2035 gebruikt met daarin additionele aanpassingen van beleidseffecten en trends die doorzetten. Bij mobiliteit komt dit bijvoorbeeld door de normering vanuit de Europese Unie waardoor er in 2035 geen nieuwe auto's meer verkocht mogen worden die emissies kennen. Voor diverse sectoren is gebruik gemaakt van aangeleverde informatie van PBL om de finale energievrage te matchen. Dit geldt met name voor de industrie, gebouwde omgeving en mobiliteit. Voor landbouw geldt dit in mindere mate omdat

een groot deel van de landbouwemissies bestaat uit niet-energetische broeikasgassen die in het ETM niet goed worden meegenomen. In het volgende hoofdstuk worden de beleidspakketten en het basispad per sector besproken.

Beleidspakketten

Er zijn door de werkgroep in totaal vier beleidspakketten samengesteld. De A pakketten hebben als doelstelling om het door de werkgroep vastgestelde ESR-doel voor de ESR-sectoren in 2040 te halen. Over dit doel wordt volgend jaar nog onderhandeld, de opdrachtgever heeft daarom een grove schatting gemaakt uitgaande van een overkoepeld EU-doel van 90% met 5% internationale kredieten. Daarbij is A budgetneutraal ingericht en bevat A+ additionele subsidies om extra emissiereductie te bewerkstelligen en om de lasten voor huishoudens en bedrijven te verlichten. De B pakketten hebben als streefdoel 90% broeikasgasemissiereductie in 2040 t.o.v. 1990. Deze streefdoelen zijn geen staand beleid, maar eveneens vastgesteld door de werkgroep. Hierbij heeft het B+ pakket eveneens additionele subsidies ten opzichte van het B pakket.

Hieronder een korte samenvatting per sector en uitlichting van de maatregelen met grote impact.

Energievoorziening

Tabel 2: Overzicht van de maatregelen voor de sector energievoorziening en koolstofverwijdering.

Maatregelen	Pakket			
	A	A+	B	B+
Energiesysteem en koolstofverwijdering				
Subsidie Stimulering Duurzame Energieproductie en Klimaattransitie (SDE++) effect op het energiesysteem		Ja		Ja
40 GW Aanbodstimulering (CfD) en doestelling wind op zee 2040				Ja
Realisatie kernenergie		Ja		
Geen Kernenergie	Ja		Ja	
Ombuigen kernenergie				Ja
Realisatie van de randvoorwaardelijke infrastructuur voor de duurzame waterstofketen	Ja	Ja	Ja	Ja
Opschaling aanbod waterstof na 2030 (scenario 3)		Ja		Ja
Efficiënter benutten van het elektriciteitsnet	Ja	Ja	Ja	Ja
Maatregel leveringszekerheid elektriciteit	Ja	Ja	Ja	Ja
Dempen Nettareven via subsidie aan TenneT				
Gebiedsinvesteringen hoogspanningsprojecten & aanvullende (uitvoerings)middelen voor medeoverheden en kennisinstellingen	Ja	Ja	Ja	Ja
Richten en versnellen van klimaat- en energie-innovaties		Ja		Ja
Programma ruimte voor energie (budget voor pakketten)	Ja	Ja	Ja	Ja
BECCS koolstofverwijdering bij grote bio-energiecentrales				Ja

De energievoorziening (elektriciteitssector) heeft op dit moment 23 Mton aan emissies en daalt in het basispad naar 16 Mton in 2040. De ontwikkeling van hernieuwbare opwek loopt achter op de vraag in het basispad richting 2040. Tevens is er niet voldoende capaciteit op het elektriciteitsnet en is er onvoldoende regelbaar vermogen om leveringszekerheid te garanderen.

In de voorgaande tabel staat een overzicht van aanvullende beleidsinstrumenten met impact op de energievoorziening (elektriciteitssector, maar ook o.a. waterstof) en ook hun aanwezigheid in de pakketten.

De belangrijkste maatregelen met een significante impact op de emissies en leveringszekerheid, zijn:

De SDE++ in de pakketten A+ en B+ (vier openstellingsrondes in de periode 2027 – 2030, waarvan een deel ten gunste van het energiesysteem en CO₂-afvang en opslag bij grote biomassacentrales komt)

De invloed van de SDE++ subsidie op het energiesysteem en koolstofverwijdering is met een aantal aannames berekend, gebaseerd op historische verstrekkingen. Daarbij wordt met name de inzet van de volgende technologieën in het energiesysteem positief beïnvloedt richting 2040: zonne-energie, geothermie, wind op land, restwarmte, elektrificatie zoals e-boilers, vergisting van biomassa, thermische energie uit water en CO₂-afvang en gebruik. Sommige van de gesubsidieerde technieken dragen op termijn ook bij aan de realisatie van warmtenetten.

Contracts for Difference voor windmolens op zee (40 GW) in pakket B+

Voor wind op zee wordt aanbodstimulering via CfD's voorgesteld, waarbij een strike price-mechanisme zorgt voor inkomstenstabiliteit van de eigenaar van de windmolens: de overheid betaalt bij wanneer de elektriciteitsprijs onder de strike price valt en ontvangt geld terug bij hogere prijzen. Het grootste risico voor uitrol van extra vermogen wind op zee is dat een te lage maximale strike price kan leiden tot mislukte aanbestedingen zonder biedingen, terwijl het loslaten van deze prijs weer hogere budgetreserveringen vereist. Het mislukken van een aanbesteding zal waarschijnlijk leiden tot een herziening van de maximale strike price en daarmee tot vertraging van emissiereductie, niet tot het uitblijven ervan. Daarom nemen we aan dat via CfD's al het extra wind op zee vermogen kan worden gerealiseerd. Daarnaast ontstaat er een budgetrisico wanneer een hogere strike price nodig is, of wanneer de elektriciteitsprijzen lager uitvallen dan geraamd.

Het basispad van PBL veronderstelt in 2035 en 2040 ruim 20 GW aan wind op zee. In de pakketten A, A+ en B ontbreekt de financiering voor deze uitbreiding van het wind op zee vermogen.

Maatregel leveringszekerheid (in A, A+, B en B+), omdat het elektriciteitssysteem onvoldoende regelbaar vermogen heeft in het basispad in de periode 2030-2040

Het beschikbare regelbare vermogen (gascentrales op aardgas, groen gas of waterstof) is ontoereikend in het basispad voor de periode 2030-2040. Deze maatregel beoogt via een strategische

reserve of capaciteitsmechanisme investeerders te faciliteren om meer regelbaar elektriciteitsproductievermogen te realiseren. Hiermee kunnen situaties van gedwongen afschakeling, extreme prijsspieken en uiteindelijk blackouts worden voorkomen.

Het subsidiëren van de CO₂-afvang en -opslag bij grote biomassacentrales (omgebouwde kolencentrales in pakket B+).

BECCS (Bio-energie met CO₂-afvang en -opslag) biedt potentieel voor negatieve emissies, waarbij via SDE++ subsidie beschikbaar komt voor de meerkosten van biogene CO₂-afvang en -opslag. De markt anticipeert op gedeeltelijke afvang bij het basislast-gedeelte van biomassacentrales, terwijl het overige vermogen flexibel als piekvermogen kan worden ingezet. Momenteel ontbreken financiële prikkels voor opslag van biogene CO₂, maar de aangekondigde herziening van de ETS-richtlijn kan dit veranderen door negatieve emissies te integreren in het emissiehandelsstelsel. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat het koppelen van negatieve emissies aan het EU ETS zal resulteren in extra emissierechten en daarmee extra emissies in de EU.

Ombouw van bestaande kolencentrales naar BECCS is technisch haalbaar en vergt enkele jaren, waarbij voor twee centrales al concrete plannen zijn gemaakt voor ombouw. De businesscase voor ombouw kent wel uitdagingen, aangezien ombouw en inkoop van biomassa niet worden gesubsidieerd. Hierdoor ontstaat niet vanzelfsprekend een positieve businesscase, ook niet met subsidie voor afvang. Tegelijkertijd kan wel gebruik worden gemaakt van laagwaardigere en dus goedkopere biomassa, in tegenstelling tot het verplichte gebruik van dure pellets binnen de huidige biomassa-subsidiëring. Daarnaast lijkt de waarde van piekvermogen in de komende jaren aanzienlijk, gegeven het verwachte tekort aan piekvermogen en de lange wachttijden voor bestellingen van nieuwe gasturbines. Ook de invoering van een capaciteitsmechanisme dat wordt genoemd in een ander beleidsmaatregel kan meer zekerheid geven voor de business case voor het ombouwen van kolencentrales.

Rekening houdend met deze factoren wordt verwacht dat de Eemshaven- en Amercentrale in 2030 zijn omgebouwd naar BECCS, gevolgd door (gedeeltelijke) ombouw van de twee resterende kolencentrales in 2035 en volledige ombouw in 2040. Nieuwbouw van BECCS-centrales wordt niet verwacht omdat uitbreiding van het CCS-aandeel bij bestaande installaties kosteneffectiever is en gascentrales aanzienlijk goedkoper zijn wanneer primair piekvermogen nodig is.

Realisatie van kernenergie komt alleen voor in pakket A+ en heeft pas na 2039 een (beperkte) bijdrage aan het energiesysteem.

Een bijdrage van SMR's (kleine en middelgrote kernreactoren) wordt niet voorzien in de periode 2030-2040. Een bijdrage van innovatieve nieuwe kernreactor concepten (bijvoorbeeld Thorizon) wordt ook niet waarschijnlijk geacht in de periode 2030-2040. Wat wel mogelijk is, maar qua doorlooptijd ook nog met veel onzekerheid is omgeven is de bouw van één grote kerncentrale

van 1500 MW die in bedrijf gaat in 2040. Een vermogen van 1500 MW aan kernenergie is substantieel vergeleken met de situatie nu, maar in verhouding met het opgestelde vermogen van zonnepanelen, windmolens, flex-vermogen en gasgestookte regelbare centrales relatief beperkt.

Industrie

Tabel 3: Overzicht van de maatregelen in de sector industrie en circulaire economie.

Maatregelen	Pakket			
	A	A+	B	B+
Industrie en circulaire economie				
Afdekken ORT circulaire technieken		Ja		Ja
Heffing eenmalig plastic	Ja	Ja	Ja	Ja
SDE++		Ja		Ja
Waterstofinstrumentarium (verlenging)		Ja		
Waterstofinstrumentarium (verlenging en verbreding)				Ja
Normering groene vraagcreatie	Ja	Ja	Ja	Ja
Subsidie groene vraagcreatie				Ja
Subsidie instrumentarium		Ja		Ja
Innovatiefonds				
Ruimte industrieclusters	Ja	Ja	Ja	Ja
Maatwerk volgende fase		Ja		
Stimulans elektrificatie		Ja		
CO ₂ -heffing industrie afschaffen	Ja	Ja		
CO ₂ -heffing industrie aanscherpen			Ja	Ja
Inkoopprogramma negatieve emissies		Ja		Ja
EB wijzigingen pakket A	Ja	Ja		
EB wijzigingen pakket B			Ja	Ja

De industrie is op dit moment verantwoordelijk voor ruim 47 Mton emissies, waarvan het overgrote deel onder het Europese emissiehandelssysteem ETS1 valt. Een kleiner deel, zo'n 11 Mton, valt onder het European Effort Sharing (ESR) doel. Binnen de ESR-industrie valt een klein deel, enkele Mtonnen, vanaf 2028 onder een tweede Europese emissiehandelssysteem ETS2.

In het hier gehanteerde basispad (KEV 2025 basispad + aanvullend beleid), geldt dat de SDE++ regeling na 2027 niet meer open wordt gesteld. Voor de CO₂-heffing geldt dat deze in het basispad is meegenomen, zoals de CO₂-heffing begin 2025 gold. In de zomer van 2025 is besloten de CO₂-heffing af te schaffen, deze afschaffing zit niet verwerkt in het PBL basispad. In het basispad zien we de emissies in de industrie dalen naar 36 Mton in 2030 en 27 Mton in 2035. De emissies dalen verder naar 2040 tot ongeveer 20 Mton. Deze daling wordt mede veroorzaakt door CO₂-beprijzing van de CO₂-heffing. In het basispad ligt de CO₂-prijs van de CO₂-heffing

enkele tientallen euro's boven de ETS1 prijs in 2040. PBL schat in dat het afschaffen van de CO₂-heffing tot 0 tot 2 megaton extra emissies zou leiden in 2030. PBL gaat er in de analyse vanuit dat ETS1 géén borgend karakter heeft in 2040. Er zijn aanzienlijke restemissies in de Nederlandse ETS1 industrie in 2040. Dit wordt uitgebreid toegelicht in de KEV 2024 op pagina 40 en pagina 54 en 55. Aangezien we in deze doorrekening zo veel mogelijk bij PBL-methodiek aansluiten, volgen we deze aanname. Als het ETS1 wel borgend zou werken, zou de ETS1 prijs verder oplopen en de emissies sterk dalen in het basispad.

In de bovenstaande tabel staat een overzicht van aanvullende beleidsinstrumenten met impact op de circulaire economie en de industrie en ook hun aanwezigheid in de pakketten. Ook worden de maatregelen uit andere sectoren of overkoepelend met impact op de industrie genoemd: de SDE++ en aanpassingen aan de EB.

Voor de doorrekening van de belangrijkste maatregelen bekijken we welke impact deze hebben op de CO₂-vermijdingsprijs. Het berekenen van deze CO₂-vermijdingsprijzen is in korte tijd gebeurd en bevat veel onzekerheden, zoals de ontwikkeling van energieprijzen en kosten voor bepaalde technologie. Waar mogelijk is aangesloten bij parameters die het PBL deze ook hanteert, zoals energieprijzen uit de KEV tabellen en investeringskosten uit de MIDDEN database of het SDE++ OT-model. Om de onzekerheid van deze getallen een plaats te geven, wegen we de impact hiervan op de keus voor een bedrijf om te verduurzamen. Als de CO₂-vermijdingsprijs erg negatief is (-150 €/ton) en emissiereductie dus volgens onze analyse overtuigend rendabel, nemen we aan dat emissiereductie plaats vindt. Als de CO₂-vermijdingsprijs licht positief is, 50 €/ton, nemen we aan dat emissiereductie zeker niet plaatsvindt. Daartussen vindt een lineaire weging plaats. De enige uitzondering hier zijn de B pakketten in 2040, waar we aannamen dat een CO₂-heffing van 350 €/ton alle emissies onder deze heffing reduceert. Dit wordt verderop uitgebreid toegelicht.

De CO₂-heffing heeft een tegengestelde werking in de A en B pakketten

De maatregel met de meeste impact is het afschaffen van de CO₂-heffing in de A pakketten en het aanscherpen van de CO₂-heffing in de B pakketten. In de A pakketten wordt dus aangesloten met de meest recente beslissingen over de CO₂-heffing. Hierbij moet worden aangemerkt dat, indien ETS1 wel een borgend karakter heeft (anders dat het PBL nu verondersteld), de ETS1 prijs verder zou oplopen en er (veel) meer emissiereductie in zowel het basispad als de A pakketten plaats zou vinden.

In de B pakketten wordt de CO₂-heffing juist aangescherpt. In 2040 is de nationale CO₂-heffing in de B pakketten 350 €/ton. De prijs loopt in de tussenliggende jaren op en de vrijgestelde ruimte af, maar het heffingsdoel in 2030 is wel iets verhoogd ten opzichte van het basispad om de industrie meer tijd te geven voor verduurzaming. Een hoge nationale CO₂-heffing kan emissiereductie rendabel maken, maar kan ook leiden tot weglekeffecten. Aan de weglekrisico's wordt apart aandacht aan besteed in de aparte analyse over weglekrisico's, vanaf pagina 49.

De SDE++ in de pakketten A+ en B+ maken elektrificatie en CCS mogelijk

De invloed die de SDE++ subsidie heeft op de industrie is gebaseerd op historische verstrekkingen. Hieruit blijkt dat er met name subsidie wordt verstrekt voor elektrificatie en CCS. In de A+ en B+ pakketten is in totaal 32 miljard SDE++ subsidie beschikbaar voor openstellingsrondes in 2027-2030, waarvan in totaal 4 miljard naar hernieuwbaar op land gaat. De overige SDE++ gelden zijn verdeeld over de sectoren conform historische beschikkingen, wat betekent dat er ongeveer een kwart beschikbaar is voor de industrie, wat een emissiereductie van zo'n 2 Mton ondersteunt. Omdat de SDE++ subsidie in de pakketten altijd in combinatie met andere maatregelen wordt ingezet, is er in de pakketten altijd sprake van een samengesteld effect.

Stimulans elektrificatie zorgt in A+ voor relatief veel elektrificatie

In pakket A+ is een stimulans elektrificatie fiche opgenomen. Hierin worden diverse regelingen genoemd die ervoor zorgen dat de elektriciteitsprijs voor (een deel van) de industrie afneemt. Volgens onze analyse kan dit veel elektrificatieprojecten rendabel maken en op zichzelf staand enkele Mtonnen reductie opleveren. Uiteraard is het hierbij cruciaal dat de elektriciteit ook aan de industrie geleverd kan worden, hier komen we in de maakbaarheidsanalyse op terug. In pakket A+ is deze maatregel onder andere gecombineerd met de SDE++ en aanpassingen aan de energielasting, die ook elektrificatie ondersteunen, en wordt daarentegen juist een effect de andere kant op voorzien door het afschaffen van de CO₂-heffing.

Verschuivingen energielasting stimuleren elektrificatie

In zowel de A als de B pakketten zijn aanpassingen aan de energielastingstarieven. In beide gevallen stimuleren die elektrificatie ten opzichte van gasgebruik en in de B pakketten sterker dan in A. Uiteraard is het hierbij cruciaal dat de elektriciteit ook aan de industrie geleverd kan worden, hierop komen we in de maakbaarheidsanalyse terug.

Inkoopprogramma negatieve emissies stimuleert afvang bij AVI's

In het A+ en B+ pakket is een maatregel opgenomen om negatieve emissies te verwaarden. De AVI's stoten deels fossiele en deels biogene emissies uit. De beprijzende maatregelen zoals de CO₂-heffing gelden enkel voor het fossiele deel van de uitstoot en dat betekent dat voor elke ton afgevangen CO₂ de CO₂-heffing slechts gedeeltelijk vermeden wordt. Het verhogen van de compensatie voor CO₂-afvang als geheel zal dus zorgen dat CO₂-afvang bij AVI's gunstiger wordt. Deze maatregel vergroot de vraag naar CCS en kan bijdragen aan het vollopen van Aramis. We gaan er hier, net als PBL, in de basis vanuit dat Aramis vanaf 2030 gerealiseerd is.

De overige maatregelen zijn meegenomen in de pakketten, maar hebben relatief een kleiner effect, het emissiereductie effect valt in een andere sector of zijn randvoorwaardelijk. Kortgezegd:

- Het afdekken van de ORT van circulaire technieken geeft een kleine emissiereductie en lichte daling naar primaire olievraag.²
- De heffing op eenmalig plastic is in de doorrekening meegenomen als een lage heffing zonder substitutie-effect en met een opbrengst van 80 miljoen euro per jaar.³ Deze heffing wordt nog verder uitgewerkt en moet 500 miljoen euro per jaar opbrengst gaan realiseren in de A+ en B+ pakketten. Dit is als zodanig meegenomen in de berekening van de netto uitgaven van de overheid. Voor de impact op de energievraag en emissies is de lagere heffing zonder effect meegenomen, maar er is mogelijk additioneel effect wanneer een hogere heffing wordt toegepast.
- Het waterstofinstrumentarium is doorgerekend in samenspraak met de fiches over het aanbod van groene waterstof in het energiesysteem.
- De normering van groene vraagcreatie geldt alleen voor bouwmaterialen, waarvan een relatief groot deel uit het buitenland komt en is ingeschat welk deel van de emissiereductie in Nederland en welk deel mondiaal geldt.⁴ De subsidie voor deze vraagcreatie was niet voldoende uitgewerkt om door te rekenen.
- Het structureel maken van diverse subsidies (VEKI, NIKI, DEI) is als zodanig meegenomen in het basispad van PBL en leidt dus al in het basispad tot emissiereductie. Het geeft het binnen de pakketten geen additionele emissiereductie ten opzichte van het basispad. Het fiche over de ruimte rondom industrieclusters is gezien als randvoorwaardelijk en veroorzaakt zelf geen emissiereductie.
- De impact van het verlengen van maatwerk is zeer onzeker en daardoor lastig te berekenen, omdat niet op voorhand te zeggen is welke maatwerkafspraken gemaakt zullen worden. Er is dus geen specifieke delta energievraag of emissiereductie aan het verlengen van de maatwerkafspraken toegekend. De emissiereductie in A+ zou hierdoor iets hoger uit kunnen vallen. Echter: voor maatwerk en sommige andere subsidies geldt dat, ook als het niet mogelijk was om de emissiereductie uit te rekenen of toe te kennen aan een subsidie, over het algemeen wel gesteld kan worden dat deze subsidies zorgen voor een lastenverlichting bij bedrijven, en bijdragen aan het verminderen van het weglekrisico. Als zodanig hebben dergelijke subsidies dus wel effect op de resultaten uit onze analyse.

² CE Delft, 2024, Suggesties voor aanvullend circulaire-economiebeleid

³ Berenschot, 2025, Verkenning van heffing op eenmalige plastic verpakkingen

⁴ RLI, 2025, Bouwen met toekomst en Copper8, 2023, Woningbouw binnen planetaire grenzen

Gebouwde omgeving

De gebouwde omgeving was in 2024 verantwoordelijk voor 17,2 Mton CO₂-eq aan emissies. Volgens de KEV2025 dalen deze emissies richting 2030 naar 15,5 Mton CO₂-eq. Na 2030 is er nog effect van de prestatieafspraken, worden er nog warmtenetaansluitingen gerealiseerd en ook warmtepompen in bestaande woningen geïnstalleerd. Er is na 2030 beperkt beleid dat doorgezet wordt.

Tabel 4: Overzicht van de maatregelen voor de sector gebouwde omgeving.

Maatregelen	Pakket			
	A	A+	B	B+
Gebouwde omgeving				
Normering Isolatie	Ja	Ja	Ja	Ja
Subsidie isolatie		Ja		Ja
Normering (hybride) warmtepomp	Ja	Ja	Ja	Ja
Subsidie (hybride) warmtepomp		Ja		Ja
Subsidies collectieve warmte		Ja		Ja
Overname private warmtebedrijven	Ja	Ja	Ja	Ja
Subsidie maatschappelijk vastgoed		Ja		Ja
Continueren nationaal warmtefonds		Ja		Ja
EB wijzigingen pakket A	Ja	Ja		
EB wijzigingen pakket B			Ja	Ja

In de bovenstaande tabel staat een overzicht van aanvullende beleidsinstrumenten met impact op de gebouwde omgeving en ook hun aanwezigheid in de pakketten. De isolatienorm en normering individuele installaties zitten in alle pakketten, en worden in de + pakketten gecombineerd met subsidies. Alleen in de plus pakketten staan de continuering van de warmtenet subsidies, subsidie maatschappelijk vastgoed en het Nationaal Warmtefonds. Overkoepelend zijn er wijzigingen in de energiebelasting.

Voor de doorrekening kijken we op jaarbasis naar de ontwikkeling van het cv-ketel bestand en de warmtevraag (i.h.k.v. isolatie) en voeren we de in deze analyse geprognostiseerde ontwikkelingen in in het ETM.

Per jaar kijken we in de eerste plaats naar de ontwikkeling van warmtenetaansluitingen. De aanname hierbij is dat er maximaal zoveel aansluitingen voor woningen gerealiseerd kunnen worden als er subsidie verstrekt wordt – dit geeft een cap van ongeveer 50k en 70k aansluitingen respectievelijk in pakketten A+ en B+. Hierbij veronderstellen we geen kosten- en subsidiereductie per 2035 (in tegenstelling tot het fische) en tevens een ontwikkeltijd van 7 jaar, waardoor de eerste additionele nieuwe aansluitingen (boven het basispad) in 2033 gereed kunnen zijn. Deze aansluitingen worden echter mede mogelijk gemaakt door subsidies die met dit fische al eerder (de

komende jaren) verstrekt worden. We nemen aan dat de aansluitingen naar rato van de huidige verdeling van aansluitingen appartementen/eengezinswoningen (resp. 66% en 34%) gerealiseerd worden en allen cv-ketels vervangen. We nemen verder aan dat dit voornamelijk MT-warmtenetten zijn, en mogelijk deels LT warmtenetten.

Op basis van een levensduur van 15 jaar is jaarlijks 6,7% van de cv-ketels aan vervanging toe. De normering op individuele installaties verplicht eigenaren van eengezinswoningen (d.w.z. huizen, grondgebonden woningen) dan per 2029 om op vervangingsmomenten deze te vervangen door een (hybride) warmtepomp⁵. We veronderstellen dat deze norm afdoende verplichtend is en nageleefd worden. Daarbij nemen we ook aan dat in een gegeven jaar de warmtenetaansluitingen de te vervangen cv-ketels eerst doen afnemen. Deze maatregel heeft een grote impact op de emissiereductie richting 2040. We nemen verder aan dat o.b.v. de huidige energielabelverdeling (ong. 20% A of hoger, 80% eronder) bij vervanging 80% vervangen wordt door een hybride warmtepomp en 20% door een all-electric warmtepomp (deze huizen voldoen reeds aan de isolatiestandaard). Deze verdeling verschuift echter naarmate huizen meer geïsoleerd worden (en geschikt worden voor warmtepompen), via vervanging door 75% hybride warmtepompen in 2035 naar 70% hybride warmtepompen in 2040 door de volgende maatregel.

Door de isolatienorm die kopers van eengezinswoningen verplicht om vanaf 2029 binnen 2 jaar naar aankoop de woning te isoleren tot de isolatiestandaard, daalt de warmtevraag en zouden met de tijd een groter aandeel van de cv-ketels vervangen kunnen worden door all-electric warmtepompen. Gemiddeld worden er jaarlijks 140k eengezinswoningen verkocht, daarvan zou 80% nog niet aan de isolatiestandaard voldoen en maatregelen moeten nemen in het basisjaar. Dit percentage neemt ook af richting 2040 doordat meer huizen aan de isolatiestandaard voldoen. We volgen het fiche en stellen dat dit gelijk staat aan 2 labelstappen cq $2 \times 125 \text{ m}^3$ gasverbruik = 250 m^3 gasverbruik besparing. Het nationale warmtefonds beschouwen we verder als faciliterend beleid, al maakt het wel projecten mogelijk die anders mogelijk geen doorgang hadden gevonden.

De energiebelasting heeft tot slot ook een effect op huishoudens. Dit is een beprijsend effect, wat ervoor kan zorgen dat (i.c.m. subsidies) het aantrekkelijker wordt voor huishoudens om over te stappen om een (hybride) warmtepomp. We maken hier onderscheid tussen huizen en appartementen. Voor huizen geldt dat de hybride warmtepomp norm reeds actief is, en uiteindelijk eenieder zal verplichten om over te stappen. De energiebelasting kan daarmee ervoor zorgen dat door de relatieve aantrekkelijkheid van hybride warmtepompen men deze overstap eerder (voor het vervangingsmoment) maakt. Indien er subsidies zijn (+ pakketten) en bij grote EB delta's

⁵ In het fiche wordt gesproken over meerdere momenten en criteria (algemeen of met terugverdiendtijd eis). Hier is door de fiche auteurs aan ons gespecificeerd dat het om vervangingsmomenten en zonder terugverdiendtijd criterium gaat.

tussen gas en stroom zoals bij de B pakketten, kan dit zorgen voor tot enkele honderden duizenden extra overstappers (naar voren gehaald). Voor appartementen geldt de norm echter niet en zou er wel extra overstap kunnen zijn. Echter is de warmtevraag daarvan dusdanig laag dat slechts een beperkt deel een hoog genoeg warmtevraag heeft om een terugverdientijd onder de 5 jaar te krijgen. Ook hier geldt dat de B en + pakketten voor grotere overstap in appartementen, met dus de grootste effecten in het B+ pakket richting 2040.

Aandachtspunt bij de toename van warmtepompen en warmtenetten is mogelijke kannibalisatie. Door de hybride warmtepomp norm worden er vanaf 2029 een paar honderdduizend (hybride) warmtepompen per jaar geïnstalleerd, ook in gebieden waar mogelijk aan warmtenetten gedacht wordt. Door de langere realisatietermijn van warmtenetten zullen deze later en in een langzamer tempo verschijnen dan warmtepompen. De business case voor warmtenetten zal verslechteren indien er minder aansluitingen in een gebied gerealiseerd kunnen worden. De effecten hiervan zijn hier niet meegenomen. Indien nieuwe warmtenetten hoofdzakelijk in stedelijk gebied met appartementen gerealiseerd worden, is de impact van deze kannibalisatie beperkter.

Voor de dienstensector zijn de nieuwe beleidsmaatregelen (t.o.v. basispad) de wijzigingen van de energiebelasting alsook de continuering van de Dumava (verduurzaming maatschappelijk vastgoed). Laatstgenoemde is eens subsidie voor maatschappelijk vastgoed ($\pm 30\%$ totaal) die o.b.v. een impactevaluatie door TNO per euro subsidie ongeveer 0,2 kg CO₂ bespaart. Het marginale effect hiervan is doorgaans echter beperkt tot zeer beperkt in de context van de energiebelastingwijzigingen. Met het Dienstenmodel kijken we voor de totale sector opgedeeld naar gebruiksfunctie, oppervlakte en energielabel welk emissiereductiepotentieel rendabel is (t.o.v. het basispad) o.b.v. de nieuwe EB tarieven. We gaan er in de doorrekening van uit dat emissiereductiepotentieel dat rendabel is, zeker richting 2040, ook gerealiseerd wordt. We leggen tot slot wel de beperking op dat er geen additionele reductie is voorbij het vervangen van alle cv-ketels (in het beeld voor 2040 voor de dienstensector staan bijvoorbeeld veel hybride warmtepompen met nog enig gasverbruik).

Mobiliteit

Tabel 5: Overzicht van de maatregelen voor de sector mobiliteit.

Maatregelen	Pakket			
	A	A+	B	B+
Mobiliteit				
Dekkend netwerk laadinfrastructuur	Ja	Ja	Ja	Ja
Versnelling ingroei elektrische personenauto's	Ja	Ja	Ja	Ja
Betalen naar gebruik			Ja	Ja
Normering inzet biobrandstoffen en hernieuwbare waterstof in weg, zee- en binnenvaart	Ja	Ja	Ja	Ja
Verduurzaming zee- en binnenvaart		Ja		Ja
Verduurzaming luchtvaart (incl. vliegbelasting)		Ja		Ja
Versterken ketenmobiliteit en gedragsaanpak		Ja		Ja
Versoberen verlaagd tarief mrb fossiele bestelauto's		Ja		Ja
Bijmengen biobrandstoffen wegverkeer			Ja	Ja

De sector mobiliteit omvat wegtransport, binnenvaart, zeevaart en luchtvaart. Zeevaart en luchtvaart vallen buiten de scope voor emissiereductiedoelstellingen binnen Nederland en worden afzonderlijk behandeld in de Excel-bijlagen. De huidige emissie van deze sector bedraagt 29,2 Mton CO₂-eq, waarvan 24 Mton CO₂ uit wegverkeer komt, 3 Mton CO₂ van mobiele werktuigen en 1 Mton CO₂ van binnenvaart. Daarnaast zijn er overige broeikasgassen zoals lachgas en F-gassen die samen 0,7 Mton uitmaken.

Basispad

Het wegtransport elektrificeert sterk richting 2040, waarbij EU-normering voor passagiersvervoer de transitie ondersteunt. Het verloop van het wagenpark beperkt de mogelijkheden om op korte termijn substantiële veranderingen in de samenstelling te realiseren. Maatregelen richten zich daarom vooral op het aantal gereden kilometers, een versnelde ingroei van elektrische auto's in de komende jaren of op bijmenging van extra biobrandstoffen. In het basispad komen de emissies voor mobiliteit in 2040 uit op 11 Mton, waarvan ongeveer 6 Mton door passagiersvervoer.

Maatregelen wegverkeer

Voor de doorrekening zijn drie maatregelen met name relevant: versnelling van de ingroei van elektrische auto's, betalen naar gebruik en verhoging van bijmenging van biobrandstoffen voor wegverkeer. Pakket A en A+ bevatten een beperkte maatvoering in de vorm van subsidies voor versnelling ingroei elektrische auto's, terwijl de pakketten B en B+ meer beprijzende maatregelen bevatten. Het fische over laadinfrastructuur is faciliterend. Daarnaast is versobering van het MRB-tarief voor bestelauto's op korte termijn wel effectief, maar is het effect op langere termijn minder

sterk door het verloop van het wagenpark. Ook het fische versterking ketenmobiliteit heeft op korte termijn meer effect dan op lange termijn door elektrificatie van het wagenpark.

De fiches betalen naar gebruik, versnelling ingroei elektrische auto's en versoering van het MRB-tarief voor bestelauto's zijn door RevNext doorgerekend in SPARK en geanalyseerd. RevNext voert deze analyses ook uit voor PBL in de KEV, waardoor het basispad gewaarborgd is in de doorrekeningen. Pakket A en B zijn budgetneutraal ten opzichte van het basispad, terwijl er in de pakketten A+ en B+ een aanvullend budget van ongeveer 500 miljoen euro per jaar beschikbaar is. Hierbij merken we op dat er in het basispad al sprake van lagere overheidsinkomsten door minder BPM- en accijnsopbrengsten. De combinatie betalen naar gebruik en beprijzende maatregelen op fossiele voertuigen heeft een sterke invloed op zowel de ingroei van elektrische auto's als het aantal gereden kilometers met fossiele voertuigen. In de bijlage bij deze rapportage zijn de analyse en methodiek van RevNext toegelicht.

De uitkomsten van RevNext zijn vervolgens vertaald naar het ETM om de effecten op vraag en aanbod van het energiesysteem te onderzoeken.

Het fische bijmenging van biodiesel in wegtransport wordt alleen toegepast in de pakketten B en B+, met percentages van 20% in 2030, 40% in 2035 en 60% in 2040. In de pakketten A en A+ blijft de bijmenging gelijk aan het basispad.

Maatregelen binnenvaart, zeevaart en luchtvaart

Voor het fische binnenvaart wordt ingezet op subsidies en normeringen van verdere elektrificatie en inzet van methanol en waterstof. Hierbij wordt uitgegaan van de onderliggende rapportages en de doelen voor de Nederlandse binnenvaart, die vervolgens zijn ingesteld in het ETM. Voor zeevaart en luchtvaart geldt hetzelfde, met de kanttekening dat deze onderdelen niet meetellen voor de Nederlandse emissies. Voor luchtvaart is daarbij ook rekening gehouden met het effect van een hogere vliegbelasting die zorgt voor een afname van de vraag. Wel hebben deze maatregelen een grote impact op de energiekant van mobiliteit. De maatregelen zorgen voor een verhoogde vraag naar biobrandstoffen binnen Nederland en kunnen daardoor eventueel (deels) in Nederland worden geproduceerd.

Landbouw & landgebruik

Tabel 6: Overzicht van de maatregelen voor de sector landbouw en landgebruik

Maatregelen	Pakket			
	A	A+	B	B+
Landbouw en landgebruik				
Krimp veestapel (15% krimp)	Ja	Ja	Ja	Ja
Aanpassing veevoer: Methaanremmers		Ja		Ja
Bossenstrategie		Ja		Ja
Veenweide		Ja		Ja
Doelsturing via emissieheffing veehouderij (margeheffing)			Ja	Ja
Doelsturing op bedrijfsniveau	Ja	Ja		
Afschaffen uitzonderingspositie zuivel in verbruiksbelasting alcoholvrije dranken	Ja	Ja	Ja	Ja
Energiebelasting aanpassing glastuinbouw	Ja	Ja	Ja	Ja
Subsidie glastuinbouw				

De sector landbouw en landgebruik is momenteel verantwoordelijk voor circa 28 Mton aan emissies.⁶ Deze emissies zijn afkomstig uit verschillende bronnen: methaanemissies voornamelijk uit de veehouderij (13 Mton), N₂O-emissies met name door bemesting (5 Mton), en CO₂-emissies uit de glastuinbouw (7 Mton), waaronder ook methaanslib. Landgebruik vertoont jaarlijkse schommelingen door weersomstandigheden en fluctuerende CO₂-opname in bossen. In 2024 bedragen de emissies ongeveer 3 Mton, terwijl een vijfjarig gemiddelde 4 Mton aangeeft. In de ramingen wordt daarom uitgegaan van het vijfjarige gemiddelde.

Basispad

De sector landbouw en landgebruik verschilt van de overige sectoren doordat de bruto broeikasgasemissies vanwege natuurlijke processen niet naar nul kunnen gaan. Daarnaast zijn er negatieve emissies aanwezig via onder meer koolstofopslag in bossen en bodem. Richting 2040 zijn er in het basispad twee belangrijke trends. De eerste is een emissiedaling in de glastuinbouw naar ongeveer 1,7 Mton. Dit wordt veroorzaakt door duurder gasgebruik via hogere gasbelasting en een emissieheffing voor de glastuinbouw. De emissiereductie vindt plaats door verdere ingroei van alternatieve warmte zoals geothermie en warmtepompen. Hoewel de sector zelf in het convenant de ambitie heeft opgesteld om klimaatneutraal te zijn in 2040, zijn er in de ramingen van het basispad nog restemissies in de glastuinbouw doordat WKK's worden gewaardeerd als backupvermogen voor de elektriciteitsvoorziening en daarom operationeel blijven. De tweede is

⁶ PBL, 2025, Klimaat en Energieverkenning 2025

een emissiedaling voor de veehouderij.⁷ Door een mogelijke nieuwe derogatie van de Nitraatrichtlijn verwacht het PBL een daling van methaanemissies van 13,8 Mton nu naar ongeveer 11,2 Mton in 2040. Deze verwachting was ook al in de KEV2024 meegenomen. De lachgasemissies dalen ook van 4,9 Mton naar ongeveer 4,3 Mton, mede als gevolg van minder plaatsingsruimte van dierlijke mest door het vervallen van de huidige vorm van derogatie. In het basispad komen de totale emissies uit op 22 Mton CO₂-eq in 2040, waarvan ongeveer 4 voor landgebruik (langjarige gemiddelde).

Maatregelen veehouderij

Voor veehouderijsector zijn in de pakketten maatregelen meegenomen die zich richten op krimp veestapel, inzet van methaanremmers, een doelsturing via een emissieheffing aan de marge en een doelsturing op bedrijfsniveau. Ook afschaffing van de uitzonderingspositie zuivel in verbruiksbelasting alcoholvrije dranken maakt onderdeel uit van de fiches, maar naar verwachting zal dit voor de Nederlandse emissies geen additioneel effect hebben aangezien de daling van de productie in het basispad al sterker is dan de lagere vraag naar zuivel. In de A en A+ pakketten zit doelsturing op bedrijfsniveau en in B en B+ pakketten een doelsturing via een emissieheffing aan de marge. Aangenomen is dat veehouders als onderdeel van doelsturing op bedrijfsniveau of emissieheffing aan de marge gebruik zullen maken van veevoeradditieven om minder methaan uit te stoten. Effectief betekent dit dat subsidie op methaanremmers binnen de pakketten daardoor niet leidt tot additionele emissiereductie.

Het fiche krimp van de veestapel bevat meerdere onderdelen om tot een grotere krimp te komen dan nu geraamd. In het fiche wordt daarbij gesproken over meerdere routes, waaronder een graslandnorm, extensiveringsregelingen en additionele middelen voor uitkoop. Deze maatregel is sterk verbonden met het pakket uit de Ministeriële Commissie Economie en Natuurherstel (MCEN) met betrekking tot maatregelen omtrent stikstof. Vanuit de MCEN zijn financiële middelen beschikbaar voor deze onderdelen.

In een beoordeling van PBL wordt duidelijk dat de MCEN-maatregelen leiden tot ongeveer 12,5% krimp ten opzichte van 2019.⁸ Dit is echter niet anders dan al wordt geraamd doordat de aanpassing van derogatie leidt tot een krimp in de veestapel in het basispad. De financiële middelen die in MCEN worden gereserveerd voor basisuitkoop, zullen dan ook vooral terechtkomen bij bedrijven die al stoppen in de ramingen, waardoor hiervoor geen additionele reductie is geraamd.

In de pakketten A en B wordt uitgegaan van een graslandnorm die ingroeit van 0,20 hectare/GVE in 2028 tot 0,40 hectare/GVE in 2035. In een recent onderzoek van de WUR wordt geschat dat

⁷ Cals et al., 2024, Raming van luchtemissies uit de landbouw in 2030 en 2035, met doorkijk naar 2040 <https://edepot.wur.nl/683369>

⁸ PBL, 2025, Reflectie op mcen-maatregelenpakket spoor 2, <https://www.pbl.nl/system/files/document/2025-08/pbl-2025-Reflectie-op-MCEN-maatregelenpakket-spoor-2-PBL-WUR-Deltares-RIVM-5923.pdf>

deze norm een reductie van 6,2% in de gehele melkveestapel geeft.⁹ Aangenomen wordt dat ongeveer de helft van deze krimp al in het basispad verwerkt zit, waardoor een additionele krimp van 3,1% wordt aangenomen ten gevolge van deze maatregel. In de pakketten A+ en B+ is de normering minder streng: 0,20 hectare/GVE in 2028 tot 0,35 hectare/GVE in 2035. Aangenomen wordt dat deze minder strenge norm al grotendeels in het basispad via MCEN is verwerkt, waardoor hiervoor geen additionele reductie wordt geraamd.

In de pakketten A+ en B+ zijn, naast de MCEN-middelen, additionele financiële middelen beschikbaar gesteld voor extra extensivering en uitkoop. Voor de additionele financiële middelen ten behoeve van uitkoop in pakket A+ en B+ worden de effecten op basis van de huidige uitkoop geschat op ongeveer 0,3 Mton reductie per miljard euro.¹⁰ Voor veehouderij is dit een krimp van 3%-punt per miljard euro en voor varkenshouderij is dit 14%-punt per miljard euro. Hierbij is aangenomen dat deze additionele middelen wel zorgen voor extra emissiereductie. In werkelijkheid kan dit lager uitvallen aangezien er overlap is met de krimp van de veestapel in het basispad. Enkel in pakket A+ zou dit bij volledige overlap maximaal 1 Mton schelen.

Voor pakket A en A+ is doelsturing op bedrijfsniveau van toepassing. In de berekening wordt uitgegaan van doelsturing alleen voor de melkveehouderij, omdat hiervoor als enige subsector een onderzoek beschikbaar is dat het emissiereductiepotentieel in kaart brengt. Voor andere subsectoren binnen de veehouderij zijn de studies nog niet afgerond. Vanwege de diversiteit binnen de veehouderij kunnen de uitkomsten voor melkveehouderij niet worden geëxtrapoleerd naar andere subsectoren. Voor de doorrekening is uitgegaan van een invulling via fosfaatrechten met managementmaatregelen en stalinnovaties.¹¹ Deze keuze is gemaakt omdat er op dit moment geen andere concrete uitwerkingen beschikbaar zijn. De exacte invulling van doelsturing is nog niet definitief vastgesteld en er liggen meerdere opties open voor de precieze vormgeving.

Bij een implementatie van doelsturing op basis van fosfaatrechten kan door managementmaatregelen en stalaanpassingen gemiddeld 22% reductie worden gerealiseerd.¹² Hierbij wordt opgemerkt dat deze waarden het technische emissiereductiepotentieel weergeven en dat de praktijk hiervan sterk kan afwijken, zoals ook tot uiting komt in de studie. Deze inschatting gaat daarom gepaard met grote onzekerheid, mede afhankelijk van de specifieke invulling van doelsturing en de wijze waarop hierop gehandhaafd wordt. Deze potentiële reductie wordt verme-

⁹ WUR, 2025, Verkenning varianten van een Graslandnorm <https://edepot.wur.nl/684935>. Hierbij maken we gebruik van tabel B.3.2 situatie zonder derogatie en met omzetting bouwland naar grasland.

¹⁰ Kalavasta, 2025, Broeikasgasemissiebeprijzing in de veehouderij en akkerbouw <https://open.overheid.nl/documenten/53a8b743-decf-4ef3-b461-ba09a989406a/file>

¹¹ WUR, 2025, Technisch reductiepotentieel voor ammoniak, methaan en lachgas in de melkveehouderij

¹² Dit is de gemiddelde waarde uit de studie uit tabel 3.14 voor managementmaatregelen en stalinnovaties voor de KPI per fosfaatrecht.

nigvuldigd met het verwachte aandeel aangepaste stallen in de jaren 2030, 2035 en 2040, respectievelijk 10%, 45% en 80%.¹³ Er is gekozen om dit enkel op methaanemissies toe te passen aangezien voor bemestingsemissies geen expliciet beleid is ontwikkeld en bemesting van landbouwgrond noodzakelijk blijft, ongeacht of dit plaatsvindt met dierlijke mest of kunstmest.

Voor pakket B en B+ is een doelsturing via een emissieheffing aan de marge van kracht, gebaseerd op een recente studie van Kalavasta.¹⁴ Dit betekent een heffing op emissies boven een vastgesteld plafond per bedrijf. Het effect uit de studie is dat dit met name gevolgen heeft voor varkenshouderij en melkveehouderij, maar geen effect op akkerbouw. In de veehouderijsectoren stappen bedrijven eerder over naar transitiepaden en zullen in sommige gevallen ook eerder moeten stoppen wanneer deze paden of het basispad niet de benodigde inkomsten genereren. Deze emissieheffing wordt zo ingezet dat het restemissiedoel van de landbouw in 2040 wordt behaald. Met behulp van het emissiebegrijpingsmodel voor veehouderij en akkerbouw wordt vervolgens een bandbreedte gegeven voor de hoogte van de heffing.

Maatregelen glastuinbouw

Voor de glastuinbouw zijn er twee maatregelen: wijzigingen in de energiebelasting en additionele subsidies in de periode 2030-2040 voor onderdelen als de SWIG, de EG-regeling, de MEI-regeling en Kas als energiebron. De wijzigingen in de energiebelasting zijn generiek voor alle gebruikers en dus niet specifiek gericht op de glastuinbouw. Er wordt geen additionele reductie geraamd ten gevolge van de faciliterende subsidies omdat deze als randvoorwaardelijk worden beschouwd.

In de A pakketten wordt de sector gecompenseerd voor ETS2, is er geen compensatie voor de groengas-bijmengverplichting en stijgt de gasbelasting richting 2040 tot ongeveer 78 cent/m³. In de B pakketten wordt de sector niet gecompenseerd voor ETS2, is er geen compensatie voor groengas en stijgt de gasbelasting richting 2040 tot 1,15 euro/m³. In de ramingen van het fiche bedraagt de verwachte additionele belastingdruk ten opzichte van nu ongeveer 130 euro/ton in pakket A en 170 euro/ton in pakket B in 2030.

De wijzigingen in de energiebelasting, ETS2 en compensatie voor groengas zijn doorgerekend met het glastuinbouwmodel.¹⁵ De delta's die hieruit voortkomen voor 2030 en 2035 zijn geschaald naar de uitgangswaarden van de KEV 2025 en geëxtrapoleerd richting 2040. De oorzaak hiervan is dat het model met name geschikt is voor doorrekeningen richting 2030-2035 omdat de WKK beperkt uitgefaseerd kan worden. Dit is tot en met 2035 een redelijke aanname, maar

¹³ Inschatting 2030 en 2035 komen vanuit het fiche, inschatting voor 2040 is geëxtrapoleerd.

¹⁴ Kalavasta, 2025, Broeikasgasemissiebegrijping in de veehouderij en akkerbouw <https://open.overheid.nl/documenten/53a8b743-decf-4ef3-b461-ba09a989406a/file>

¹⁵ Berenschot en Kalavasta, 2025, Publieksrapportage Herijking CO₂-heffing glastuinbouw, <https://open.overheid.nl/documenten/e73c7430-b268-4f53-ade0-d97068cf4c08/file>

2040 ligt buiten de scope voor een goede doorrekening. De ramingen voor 2040 zijn daardoor onzeker.

Maatregelen landgebruik

Voor landgebruik zijn er twee fiches: bossenstrategie en veenweidestrategie. Binnen de fiches worden door de departementen ramingen gedaan voor de emissiereductie die de strategieën moeten opleveren. De budgetten in de pakketten A+ en B+ zijn aangepast ten opzichte van de budgetten in de fiches, waardoor ook de geprojecteerde emissiereductie wordt geschaald met de budgetten.

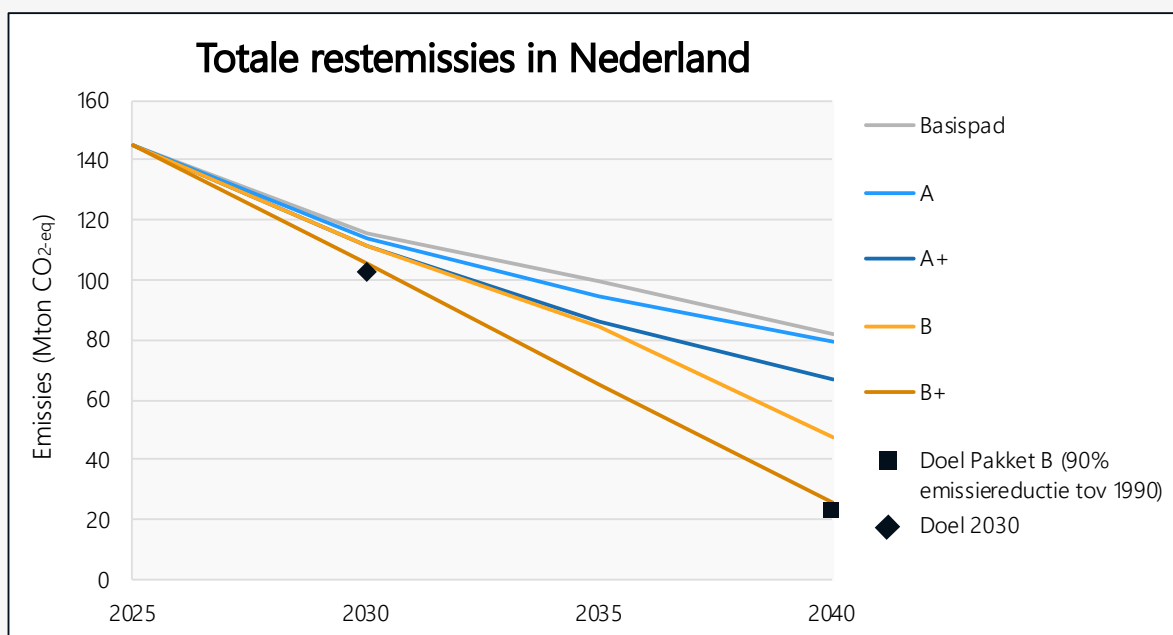
Impact van de pakketten

Hieronder volgt een overzicht van de impact van de pakketten op emissies, energievraag en lastenontwikkeling ten opzichte van het basispad. In algemene zin presenteren wij verwachtingswaarden en puntuitkomsten, maar de bandbreedte is groot door onzekerheden rond energieprijzen, gedrag en implementatie. Het was echter binnen de doorlooptijd niet mogelijk om meerdere doorrekeningen, gevoeligheidsanalyses en kansberekeningen te doen om deze bandbreedtes te bepalen. In deze resultaten zijn verder de mogelijke beperkingen van de maakbaarheid van de transitie door netcongestie en leveringszekerheid nog niet meegenomen. Deze worden aanvullend over de pakketten ingeschat in een later hoofdstuk.

Emissies

We bespreken eerst de nationale emissies en vervolgens de emissies per sector.

Totale nationale emissies



Figuur 2: Totale restemissies in de scenario's voor het basispad en de vier pakketten voor de jaren 2030, 2035 en 2040 met 2030 doel (55% emissiereductie t.o.v. 1990) en 2040 doel voor de B pakketten (90% emissiereductie t.o.v. 1990)

De nationale broeikasgasemissies dalen in alle pakketten t.o.v. het basispad voor alle steekjaren, met een oplopende reductie van A naar A+ naar B naar B+. Richting 2030 zijn de emissies ongeveer gelijk tot enkele megatonnen lager dan in het basispad, met de grootste reductie in B+.

Hierin zijn de maakbaarheidsbeperkingen nog niet meegenomen, de impact hiervan wordt verderop in het rapport besproken. Er is dan ook beperkte potentie voor verdere emissiereductie in 2030; veel maatregelen starten in 2030 of net daarvoor en het 55% emissiereductiedoel blijft daardoor buiten zicht, alhoewel het B+ pakket waarschijnlijk wel op enkele megatonnen in de buurt komt van dit doel (vóór mogelijke maakbaarheidsbeperkingen).

Naar 2035 en 2040 nemen de verschillen tussen de effecten van de pakketten toe. Het 'lichtste' A pakket loopt grofweg parallel met het basispad, een paar megaton emissies lager. In dit pakket is er een emissietoename door het wegvallen van de CO₂-heffing industrie (die wel in het basispad zit) en ook de energievoorziening, die meer dan gecompenseerd wordt door reducties in de overige vraagsectoren, met name de gebouwde omgeving. Voor zowel het basispad als de A pakketten geldt dat, als aangenomen wordt dat het ETS1 wél een borgend karakter heeft, de emissiereductie aanzienlijk lager uit zou komen in 2040 en de pakketten daarmee dichterbij elkaar zouden te liggen. Hier is aangesloten bij de aanname van PBL dat dit niet het geval is, zoals eerder is toegelicht.

Het A+ pakket deelt veel met het A pakket, maar kent een grotere reductie die met name verklaard wordt door de SDE++ subsidie die in dit pakket in de industrie, glastuinbouw en energievoorziening voor diverse megatonnen reductie zorgt. Voor de overige sectoren zijn de verschillen kleiner.

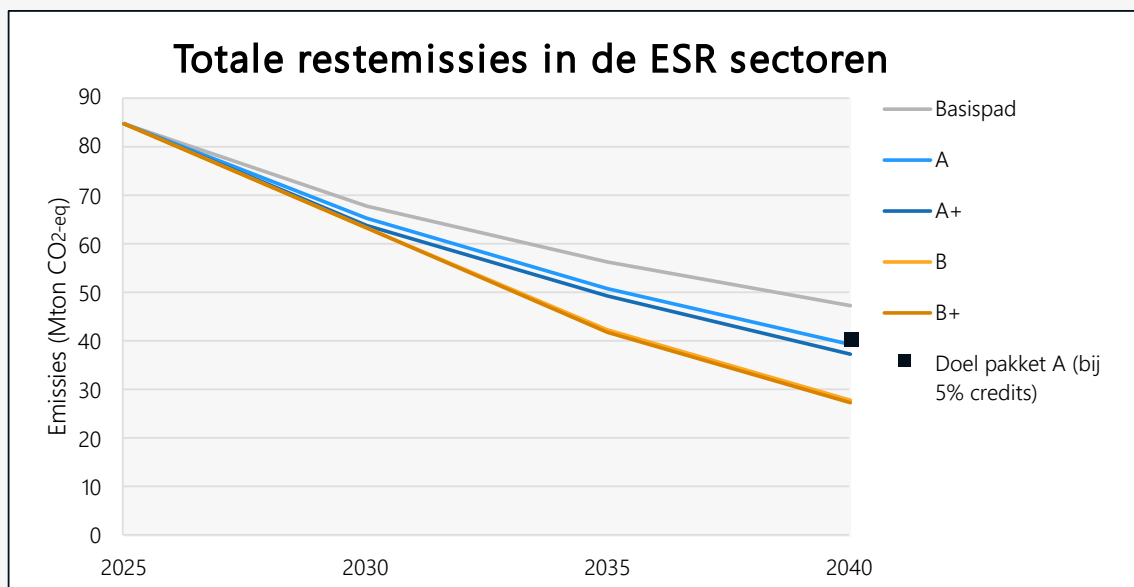
Het B pakket kent een fors grotere reductie die voortkomt uit een versteviging en aanscherping van de CO₂-heffing industrie, waardoor de industriële emissies sterk dalen. In beide B pakketten wordt biogene uitstoot van de AVI's opgeslagen, waardoor de netto industrie emissies onder de nul uitkomen. De mobiliteitsemissies dalen ook sterker door een versnelde ingroei van elektrische auto's, betalen naar gebruik en hoger bijmengpercentage van biobrandstoffen maar de emissies van de energievoorziening stijgen doordat er geen verdere uitrol van hernieuwbare of CO-neutrale opwek door beleid mogelijk gemaakt wordt.

Pakket B+ kent tot slot veruit de grootste emissiereductie. De additionele emissiereductie t.o.v. pakket B ontstaat grotendeels in de elektriciteitssector, waar door CfDs het opgesteld vermogen Wind op Zee van 20 GW in het basispad (en de overige pakketten) in 2040 stijgt naar 40 GW en tevens 4 GW aan regelbaar BECCS vermogen (met deels basislast met CO₂-afvang) gerealiseerd wordt. Er moet hierbij opgemerkt worden dat er voor de scenario's geen expliciete analyse is uitgevoerd of het elektriciteitssysteem enigszins in balans is; bij B+ stijgen zowel opwek als vraag sterk, maar in de overige scenario's (met name B) ontwikkelt de vraag zich harder dan het aanbod t.o.v. het basispad. Vanuit een marktperspectief zijn de verwachtingen daarmee wellicht anders dan vanuit een beleidsperspectief.

Voor de B pakketten wordt gestreefd naar een doel van 90% emissiereductie in 2040 t.o.v. 1990. Dit doel wordt in het B+ pakket waarschijnlijk op enkele megatonnen genaderd (deels door negatieve emissies uit BECCS), maar in het B pakket vrijwel zeker niet. Er moet hierbij wel opgemerkt

worden dat het B 2040 scenario zeer ongebalanceerd is in stroomvraag en -aanbod. Door de sterke elektrificatie zou verwacht mogen worden dat de business case voor verdere bouw van hernieuwbare opwek verbeterd. In deze doorrekening is echter enkel naar de integrale effecten van beleid gekeken, en niet ook aandacht geweest voor marktontwikkeling en de ontwikkeling van business cases.

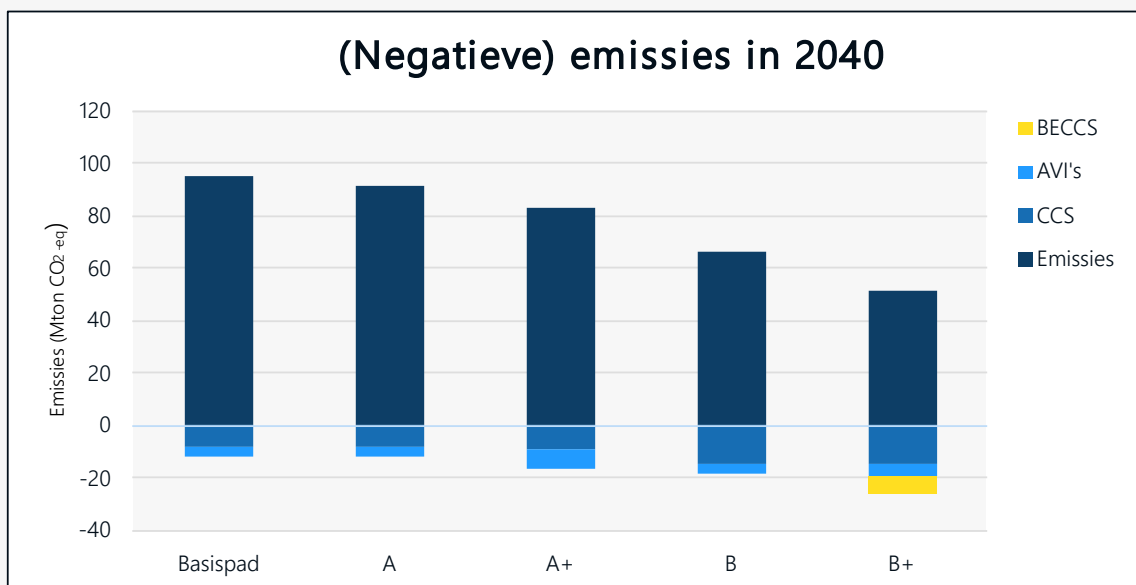
Emissies in de ESR-sectoren



Figuur 3: Restemissies voor de ESR sectoren (mobiliteit, gebouwde omgeving, landbouw en niet-ETS1 industrie) in de scenario's voor het basispad en de vier pakketten voor de jaren 2030, 2035 en 2040 met Nederlandse 2040 ESR doel voor de A pakketten (vastgesteld door opdrachtgever o.b.v. overkoepeld EU doel van 90% reductie met 5% internationale kredieten).

Voor de A pakketten wordt gestreefd naar het door de werkgroep vastgestelde Nederlandse ESR doel voor de ESR-sectoren (niet-ETS1 sectoren) in 2040. Over dit doel wordt volgend jaar nog onderhandeld. De opdrachtgever heeft daarom een grove schatting gemaakt uitgaande van een overkoepeld EU-doel van 90% met 5% internationale kredieten. Het gaat om de gebouwde omgeving, mobiliteit, landbouw en een klein deel van de industrie. Het A+ pakket voldoet waarschijnlijk aan deze laatste doelstelling en het A pakket mogelijk ook net. Omdat dit doel echter een minimum is, is er weinig ruimte voor tegenvallers.

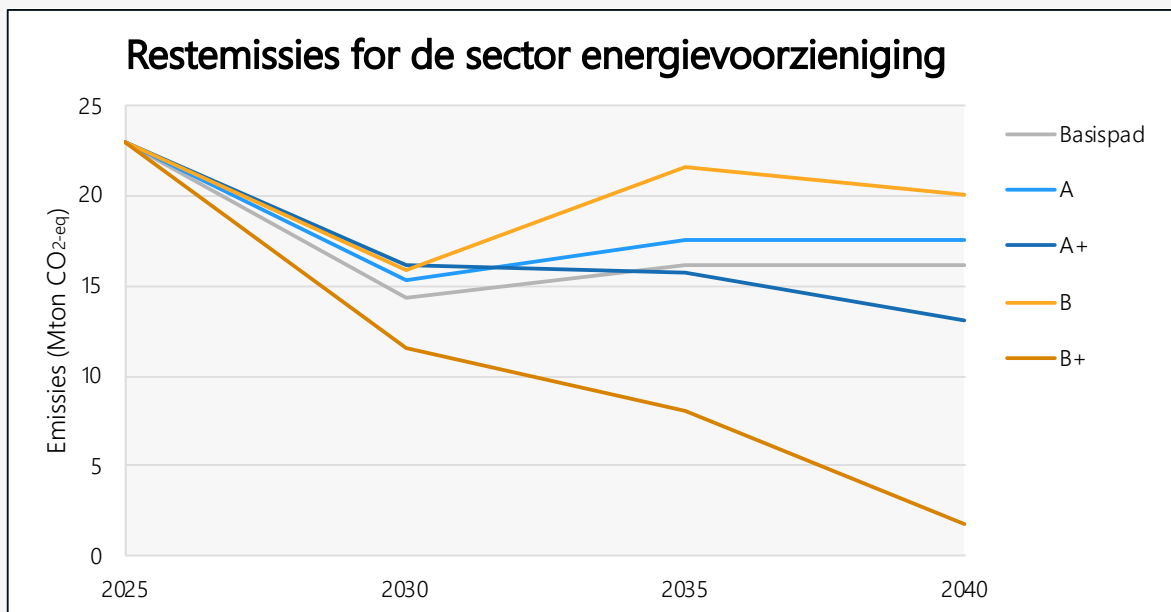
Bruto en negatieve emissies in 2040



Figuur 4: Restemissies (bruto en negatief) voor alle sectoren in de scenario's voor het basispad en de vier pakketten voor de jaren 2030, 2035 en 2040. De afval bij AVI's is getoond, niet de netto emissies. In zowel het basispad als de pakketten is er ook nog uitstoot bij de AVI's.

In 2040 is zowel in het basispad als in de 4 pakketten sprake van de afvang van fossiele en biogene CO₂. In de bovenstaande figuren zijn de netto emissies weergegeven en in onderstaande figuur de bruto emissies en de afvang. In alle pakketten zien we CCS in de industrie, onder andere bij de raffinaderijen. We zien deze industriële afvang in de B pakketten toenemen, vanwege de strengere CO₂-heffing. Daarnaast is er afvang bij AVI's, wat deels fossiel en deels biogene afvang is. In de A+ en B+ pakketten neemt de afvang bij AVI's toe vanwege de verwaarding van negatieve emissies. Tot slot zorgt de afvang en opslag van biogene emissies bij biomassacentrales in in pakket B+ voor zo'n 6 Mton aan negatieve emissies.

Energievoorziening



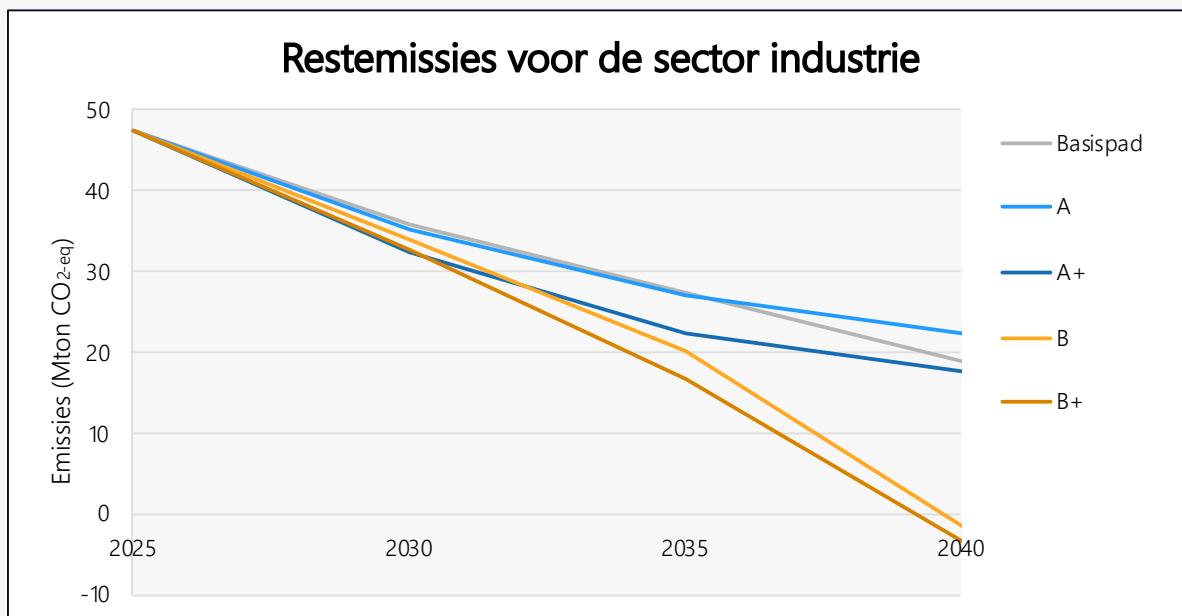
Figuur 5: Restemissies voor de sector energievoorzieniging in de scenario's voor het basispad en de vier pakketten voor de jaren 2030, 2035 en 2040.

In het basispad dalen de emissies aanvankelijk door toegenomen inzet van zon en wind, maar tussen 2035 en 2040 stijgen ze weer. Deze stijging wordt veroorzaakt doordat gascentrales (die in het basispad grotendeels nog op aardgas draaien) door de hogere elektriciteitsvraag een steeds hoger aantal vollasturen maken.

In pakket A nemen de emissies slechts beperkt en geleidelijk af richting 2040. In pakket A+ wordt door onder andere SDE++-subsidie en de inzet van een kerncentrale in 2040 een grotere emissiereductie bewerkstelligd, maar ook dit pakket kent substantiële restemissies. Pakket B heeft in 2035 en 2040 de hoogste restemissies van alle varianten. Dit wordt veroorzaakt doordat in dit pakket de elektrificatie van de maatschappij wel doorgaat na 2035, maar er geen extra wind op zee bijkomt. Pakket B+ tot slot benadert de netto 0 emissies in 2040 door een combinatie van maatregelen, waaronder SDE++-subsidie, Contracts for Difference voor wind op zee, biomassa-centrales met CCS, stimulering van elektrolysecapaciteit en een reeks randvoorwaardelijke maatregelen.

In alle pakketten is er een mismatch tussen stroomvraag en stroomproductie. Hierdoor wordt Nederland sterk afhankelijk van elektriciteitsimport terwijl het op andere momenten veel elektriciteit exporteert en komt ook de leveringszekerheid in het geding.

Industrie



Figuur 6: Restemissies voor de sector industrie (incl. raffinaderijen en AVI's) in de scenario's voor het basispad en de vier pakketten voor de jaren 2030, 2035 en 2040.

In het basispad komen de emissies in 2040 uit op 19 Mton. Het PBL neemt aan dat ETS1 geen borgend effect heeft en dat de ETS1 prijs niet hoog genoeg is om meer emissiereductie rendabel te maken. Dit wordt uitgebreid toegelicht in de KEV 2024 op pagina 40 en pagina 54 en 55 van dat rapport. Aangezien we in deze doorrekening zo veel mogelijk bij PBL-methodiek aansluiten, volgen we deze aanname. Indien zou worden aangenomen dat het ETS1 wél borgend functioneert, zou de ETS1 prijs sterker toenemen naar 2040 en tot aanzienlijk meer emissiereductie leiden, waardoor de pakketten dicht bij elkaar zouden liggen.

Ook houden we in onze analyse vast aan de productievolumes per sector zoals gebruikt in het KEV basispad, ongeacht de genomen maatregelen. PBL hanteert een vergelijkbare aanpak: weglekrisico's worden door PBL meegenomen in de bandbreedte zijn geen onderdeel van het basispad. Dit betekent dat – ongeacht het gevoerde beleid – in de doorrekening de industrie gelijke volumes produceert in het basispad en de vier pakketten. In werkelijkheid zou het kunnen dat een deel van de bedrijven als gevolg van nationaal beleid, zoals het aanscherpen van de CO₂-heffing, besluit de productie in Nederland te staken. Hier gaan we dieper op in in de analyse van de weglekrisico's, zie pagina 48.

Tot slot zien we in het basispad een daling van de emissies van overige broeikasgassen van ongeveer 2 Mton, van 5 Mton in 2024 tot ongeveer 3 in 2040. Deze wordt door de pakketten

beperkt beïnvloed. De belangrijkste daling wordt veroorzaakt door een afname van methaanuitstoot door afvalstortplaatsen.

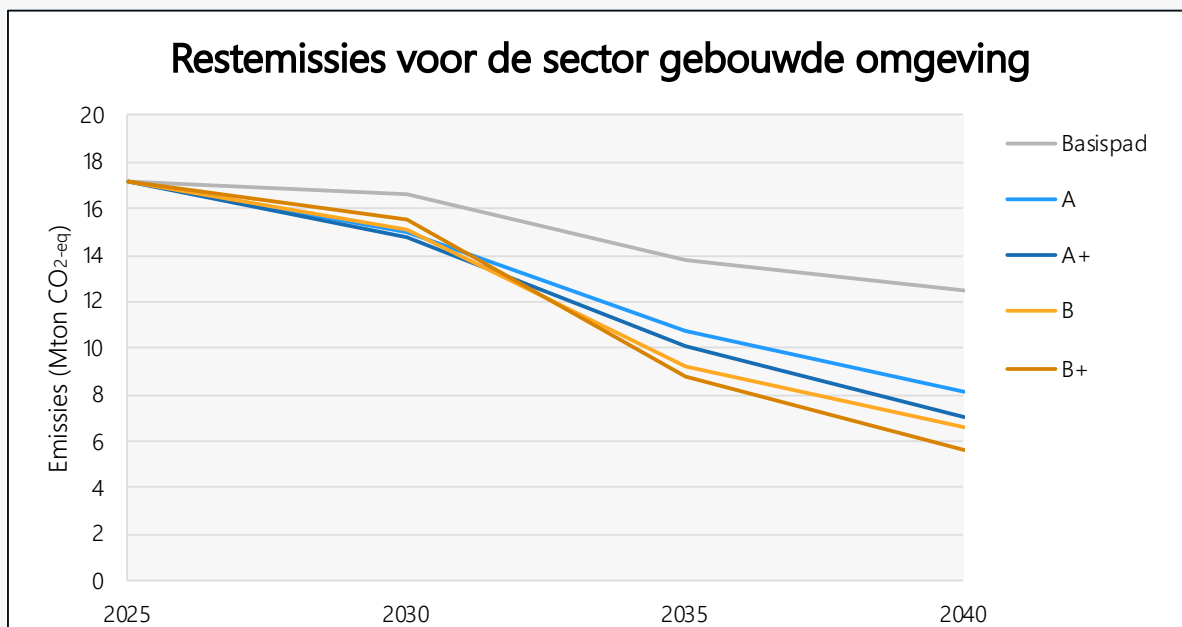
In het A pakket zien we een combinatie van twee belangrijke maatregelen: het afschaffen van de CO₂-heffing, wat netto voor minder emissiereductie zorgt, en tegelijkertijd het aanpassen van de energiebelasting wat elektrificatie stimuleert. In 2030 en 2035 zorgen deze twee maatregelen netto voor weinig veranderingen ten opzichte van het basispad in pakket A. In 2040 zien we een lichte stijging van emissies ten opzichte van het basispad, veroorzaakt door de afgeschafte CO₂-heffing.

In het A+ pakket zien we naast bovenstaande maatregelen (afschaffen CO₂-heffing en verschuiving van EB tarieven) de effecten van diverse subsidies: de SDE++ openstelling tussen 2027 en 2030, de maatregelen binnen het fiche stimulans elektrificatie en het opkopen van negatieve emissies. Gezamenlijk zorgen deze maatregelen voor een 3 en 5 Mton emissiereductie in de jaren 2030 en 2035, respectievelijk. Let op dat hierbij nog geen rekening is gehouden met de impact van netcongestie, hier komen we in de maakbaarheidsanalyse op terug. In 2040 is het netto-effect van deze maatregelen en de afgeschafte CO₂-heffing dat er geen extra emissiereductie ten opzichte van het basispad plaatsvindt. Er heeft dan wel een lichte verschuiving van emissies tussen de subsectoren plaatsgevonden.

De B pakketten tonen een ander beeld, vooral op de lange termijn. In beide B pakketten wordt de CO₂-heffing weer ingevoerd en aangescherpt. De heffing is dan 350 €/ton in 2040. De vrije emissieruimte in 2030 is wel iets verhoogd ten opzichte van het basispad, waardoor de industrie iets meer tijd heeft voor verduurzaming. In onze analyse hebben we aangenomen dat een heffing van 350 €/ton ertoe leidt dat vrijwel alle emissies in de industrie verdwijnen. Dat is gebaseerd op de volgende analyse: we zien dat de CO₂-vermijdingsprijs voor enkele sectoren in die orde grootte ligt, maar niet vaak (veel) hoger. Uiteraard is deze analyse omgeven met de nodige onzekerheid en zeker gezien de korte doorlooptijd van dit project was er onvoldoende ruimte om de complexiteit van keuzes in de industrie volledig in kaart te brengen. Echter verwachten wij wel dat een dergelijk hoge heffing er, als het niet tot emissiereductie leidt, voor zal zorgen dat bedrijven hun productie in Nederland staken. De nationale emissies nemen dan af (maar de mondiale emissies niet). Omdat wij het weglekken van bedrijven niet in de pakketten als zodanig doorrekenen, zullen de berekende emissies in dit geval correct zijn, maar de energievraag en lasten een overschatting zijn. We gaan hier in de analyse van de weglekrisico's dieper op in.

Zoals hierboven uitgelegd zien we in pakket B dus een sterke daling van emissies in 2040, veroorzaakt door de strenge CO₂-heffing. Vanwege de negatieve emissies die de AVI's veroorzaken komen de emissies van de industrie licht negatief uit. In het B+ pakket zien we een additioneel effect van de SDE++ regeling en het opkoopprogramma negatieve emissies, waardoor de emissies in 2035 en 2040 nog enkele meegatonnen lager uitkomen dan het B pakket.

Gebouwde omgeving



Figuur 7: Restemissies voor de sector gebouwde omgeving (woning, diensten, ICT-sector) in de scenario's voor het basispad en de vier pakketten voor de jaren 2030, 2035 en 2040.

In alle pakketten vindt er voor alle jaren een reductie plaats die verder gaat dan het basispad, met kleine verschillen tussen de pakketten. De pakketten zijn in de basis ook sterk vergelijkbaar: allen hebben een isolatie- en hybride warmtepomp norm, de plus pakketten hebben subsidies en de energiebelasting ontwikkelt zich anders in de A en B pakketten.

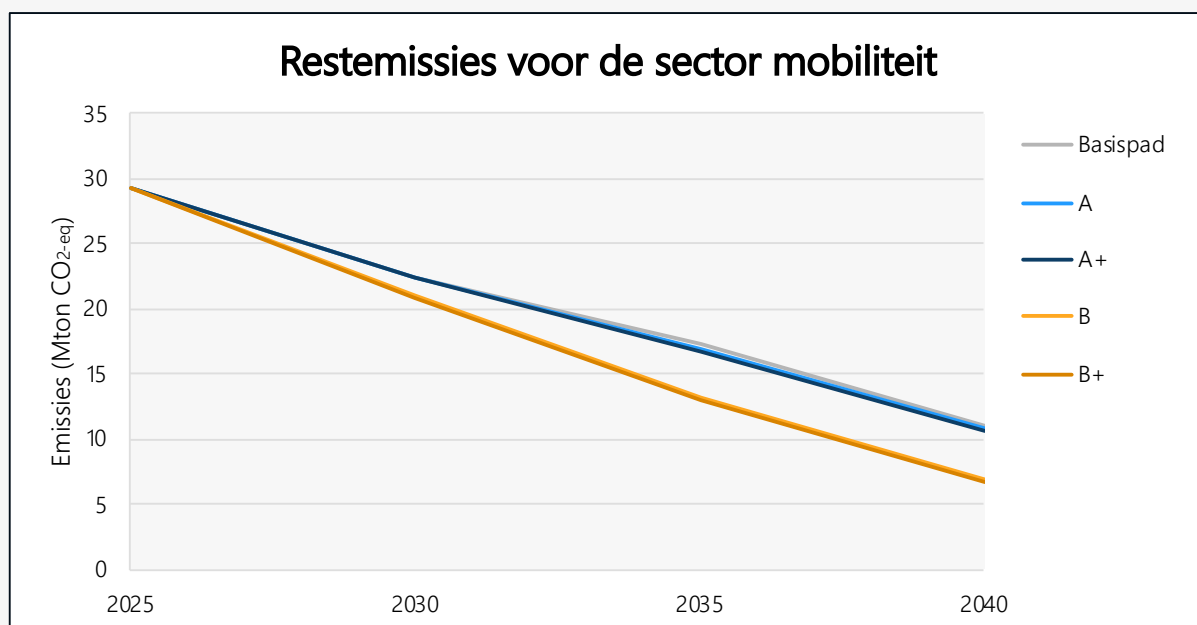
De maatregel met de meeste impact op emissiereductie is de hybride warmtepomp norm: hierdoor worden tussen 2029 en 2040 ronde de 3 miljoen cv-ketels vervangen door (hybride) warmtepompen. De wijzigingen in de energiebelasting zorgen ervoor dat een deel van de huishoudens o.b.v. de terugverdientijd voor dit vervangingsmoment hun ketel vervangt. Het effect daarvan is iets sterker in de A pakketten voor 2030, maar omgekeerd voor de jaren 2035 en 2040. De isolatienorm interacteert hiermee en zorgt dat een groter deel van de huishoudens kan overstappen op all-electric warmtepompen (maar zorgt tegelijkertijd voor een langere terugverdientijd omdat de gasbesparing van de overstap kleiner wordt door een lagere warmtevraag). In de plus pakketten is er tot slot een toename van het aantal warmtenet aansluitingen, maar deze is relatief beperkt ten opzichte van de ontwikkeling van het aantal warmtepompen.

In 2040 vallen de emissies afhankelijk van het pakket zo'n 4 tot 6 Mton CO_{2-eq} lager uit dan in het basispad. De restemissies bedragen daarmee bijna 6 tot 8 Mton CO_{2-eq}.

De restemissies zitten voornamelijk nog bij huishoudens, en beperkt bij de dienstensector, zeker in de B pakketten. Binnen huishoudens resteren er nog eengezinswoningen die gedurende 11

jaar dat de norm van kracht is, nog niet hun cv-ketel hebben hoeven vervangen. Deze emissies zullen dus begin jaren veertig alsnog gereduceerd worden wanneer zij deze verplichte overstap maken. Het andere deel van de emissies zit bij appartementen, waarvoor minder beleid is in deze pakketten. Zij kunnen aanspraak maken op subsidies in de plus pakketten en merken ook de verschuivingen in de energiebelasting, maar worden niet verplicht om over te stappen. Daarnaast is ook op economische gronden deze overstap minder verwacht omdat zij doorgaans een lagere warmtevraag en daarmee langere terugverdientijden kennen. De energiebelastingen in 2040 zorgen zeker in de B pakketten reeds voor forse lastenverhogingen voor deze huishoudens.

Mobiliteit



Figuur 8: Restemissies voor de sector mobiliteit in de scenario's voor het basispad en de vier pakketten voor de jaren 2030, 2035 en 2040.

In het basispad komen de emissies uit op 11 Mton in 2040. Dit komt vooral door elektrificatie in het wegverkeer. De ramingen voor passagiersvervoer en de fiches voor betalen naar gebruik, versnelling ingroei elektrische auto's en verorbering MRB voor bestelauto's zijn uitgevoerd door RevNext. Zie de bijlage voor meer informatie over de methode en uitkomsten. De pakketten A en B zijn budgetneutraal ingestoken ten opzichte van het basispad, terwijl er in de pakketten A+ en B+ additioneel budget beschikbaar is gesteld om de transitie te ondersteunen.

In de pakketten A en A+ vindt beperkte additionele emissiereductie plaats ten opzichte van het basispad. Dit komt door een beperkt versnelde ingroei van elektrische auto's vanwege weinig

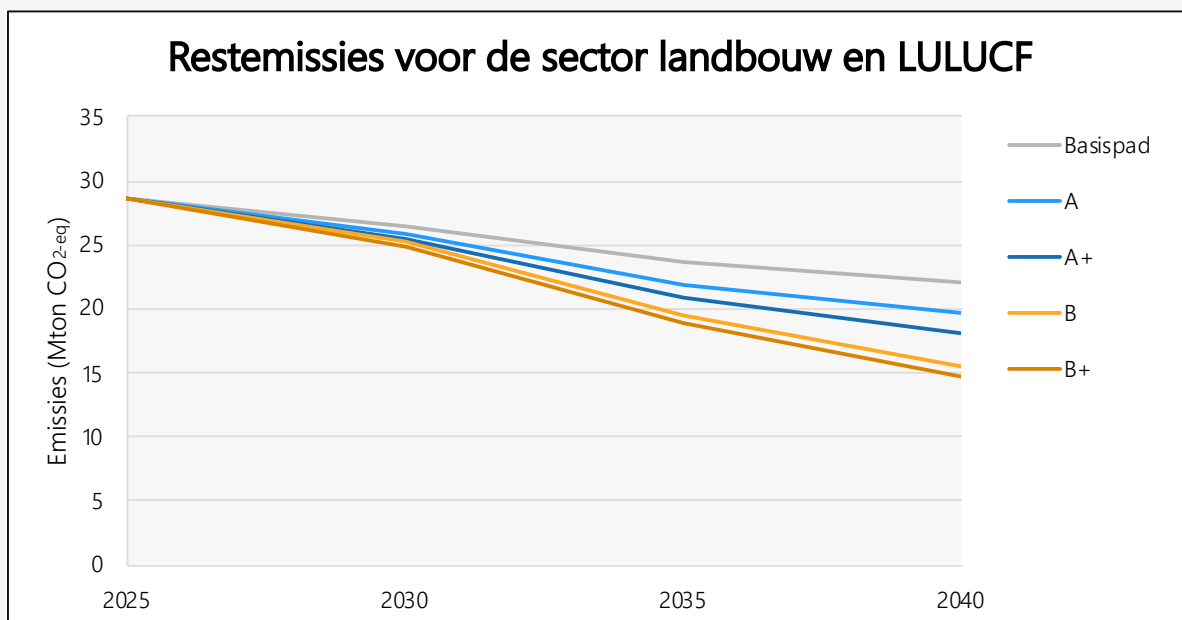
additionele subsidies, gegeven de al beperkte mogelijkheden om de elektrificatie van het wagenpark sterk te versnellen. In 2030 gelden er al normen voor het zakelijke wagenpark en in 2035 normen voor privé-passagiersvervoer. De binnenvaart verduurzaamt door de maatregelen wel sneller, maar gezien de beperkte emissiescope is de reductie ook beperkt.

In de B pakketten is wel een sterke reductie te zien. Dit komt door betalen naar gebruik, een sterk versnelde ingroei van elektrische auto's en door extra bijmenging van biodiesel voor het wegverkeer. De reductie voor betalen naar gebruik en versnelde ingroei van elektrische auto's zoals geraamd door RevNext bedraagt 2 Mton voor pakket B en 2,2 Mton voor pakket B+. De additionele bijmenging van biodiesel zorgt voor toename van ongeveer 24 PJ biodiesel. De additionele kosten hiervan ramen we op 30-70 miljoen per jaar, afhankelijk van de meerkosten van biodiesel ten opzichte van fossiele diesel (zie onderaan). Dit levert nog eens bijna 2 Mton additionele emissiereductie op.

De maatregelen voor binnenvaart hebben additioneel ongeveer 0,1 Mton effect door elektrificatie en inzet van methanol en waterstof. Voor zeevaart bedraagt de emissiereductie 1-2 Mton mondiaal, die met name komt door extra inzet van e- en biomethanol en waterstof. Voor luchtvaart is de reductie 2,5 Mton mondiaal, waarvan ongeveer 0,5-1 Mton komt door lagere vraag ten gevolge van hogere belasting en het overige gedeelte door bijmenging van biokerosine en e-fuels.

Het is eventueel mogelijk om meer emissies te reduceren dan nu in de pakketten gebeurt. De transitie kan verder versneld worden door eerdere vervanging van het wagenpark en versnelde ingroei van elektrisch rijden, hoewel het natuurlijke verloop van het wagenpark hierbij beperkingen stelt. Een hogere kilometerheffing kan het aantal gereden kilometers verminderen. Daarnaast zijn er mogelijkheden in gedragsverandering zoals modal shift naar openbaar vervoer of fiets, efficiëntere logistiek, of ruimtelijke maatregelen die afstanden verkorten. Voor zwaar wegverkeer kan ingezet worden op waterstof of synthetische brandstoffen. Ook kan de bijmenging van bio-brandstoffen worden verhoogd. Hiervoor zou ongeveer 10 PJ additionele biobrandstoffen voor wegverkeer nodig zijn. Biodiesel is na invoering van ETS2 naar verwachting nog ongeveer 5-10 cent per liter duurder dan fossiele diesel. Dit komt neer op kosten van ongeveer 2 miljoen euro per PJ additionele bijmenging.

Landbouw en landgebruik



Figuur 9: Restemissies voor de sector landbouw en landgebruik in de scenario's voor het basispad en de vier pakketten voor de jaren 2030, 2035 en 2040.

In het basispad dalen de emissies door verduurzaming van de glastuinbouw en een reductie in methaanemissies en lachgasemissies in de veestapel. Dit laatste is met name een effect van aanpassing van derogatie. De totale emissies in 2040 zijn daarmee rond de 22 Mton, waarvan 4 voor landgebruik.

Interpretatie resultaten landbouw en landgebruik

Voor landbouw gaan de geraamde emissiereducties gepaard met onzekerheid. Er is een beperkt aantal studies en modellen dat goed inzicht geeft in het additionele effect van bepaalde maatregelen ten opzichte van het basispad van PBL. Daarnaast is het complex om de effecten van additionele middelen te bepalen in samenhang met beleid dat al in het basispad is verwerkt, zoals het aanpassen van derogatie, uitkoop van bedrijven via de middelen vanuit de MCEN en doelen voor stikstof, water en biodiversiteit. Deze beleidslijnen beïnvloeden elkaar, zijn niet altijd goed te scheiden, en bevinden zich bovendien sterk in ontwikkeling. Zo is bijvoorbeeld de precieze invulling van doelsturing nog niet volledig uitgewerkt en zijn de verdere uitwerkingen van het stikstofbeleid uit MCEN nog onzeker.

Voor de glastuinbouw geldt dat het niet eenduidig is te bepalen hoe warmte-krachtkoppeling (WKK) in 2040 gewaardeerd zal worden als lokale opwek, eventueel ook in combinatie met de

beschikbaarheid van groengas. Verder moeten de ramingen voor glastuinbouw in 2040 met terughoudendheid worden geïnterpreteerd omdat deze zijn geëxtrapoleerd vanuit 2035 vanwege de scope van het rekenmodel. Tot slot merken we op dat de SDE++-berekeningen vanuit het energiesysteemperspectief zijn uitgevoerd en niet specifiek op de glastuinbouw zijn toegepast. De afwezigheid van SDE++ in de pakketten A en B zal naar verwachting leiden tot een stijging van emissies die kan oplopen tot 1 Mton. Dit effect is niet verwerkt in de hier gepresenteerde cijfers voor glastuinbouw, maar zijn inbegrepen bij de emissies van de energievoorziening.

Op basis van de beschikbare literatuur en modellen zijn zo goed mogelijk inschattingen gedaan over de effecten van de pakketten. Modellen zijn echter te beperkt om het gehele speelveld in deze diverse sector te overzien. Een voorbeeld hiervan is dat extra uitkoop van vee kan leiden tot omzetting van grasland naar bouwland, wat emissies uit de bodem kan veroorzaken. Omgekeerd kan een graslandnorm juist leiden tot meer permanent grasland, wat koolstofopslag bevordert en emissies vermindert. Tegelijkertijd kan diezelfde graslandnorm weer leiden tot extensivering met meer emissies per dier. Veel dossiers en beleidsmaatregelen grijpen op deze manier in elkaar, wat de onzekerheid in de ramingen vergroot.

Ramingen pakketten

In het A pakket vindt er additionele emissiereductie plaats in de glastuinbouw door een hogere energiebelasting in de komende jaren. Dit levert een reductie van 0,4 Mton op in 2030 en ongeveer 0,5 Mton op in 2040. Daarnaast zorgt een graslandnorm van 0,4 hectare per GVE in combinatie met doelsturing op bedrijfsniveau voor een kleine 2 Mton additionele reductie. Bij de doelsturing op bedrijfsniveau wordt nogmaals opgemerkt dat deze waarden het technische emissiereductiepotentieel weergeven en dat de praktijk hiervan sterk kan afwijken. De gerealiseerde reductie hangt sterk af van de specifieke invulling van doelsturing en de wijze waarop hierop gehandhaafd wordt, waardoor deze inschatting gepaard gaat met onzekerheden.

In het A+ pakket zijn er additionele financiële middelen beschikbaar gemaakt voor de bossenstrategie en het veenweidegebied. Op basis van de fiches wordt hier een reductie van 1 Mton aan toegekend. De minder strenge graslandnorm van 0,35 hectare per GVE geeft geen additionele emissiereductie omdat wordt aangenomen dat dit onderdeel is van het MCEN-pakket en dus al verweven is in het basispad. Wel is er additionele emissiereductie vanwege extra middelen voor uitkoop. In de gehele periode tot 2040 is er 4 miljard gereserveerd voor uitkoop. Samen met de doelsturing op bedrijfsniveau en graslandnorm levert dit pakket daarom rond de 2,5 Mton emissiereductie op voor veehouderij. De glastuinbouw draagt dezelfde 0,5 Mton reductie bij door hogere energiebelasting als in pakket A. In totaal komt dit pakket daarmee 4 Mton lager uit dan het basispad.

In het B pakket zijn er een hogere energielasten voor de glastuinbouw doordat er niet wordt gecompenseerd voor ETS2. Dit levert substantieel hogere kosten op voor het gebruik van aardgas en zorgt voor een reductie van 0,9 Mton in 2030 en 1,2 Mton in 2040 ten opzichte van het

basispad. Hierbij merken we op dat 2030 al snel nadert en deze reductie erg substantieel lijkt binnen de huidige ramingen. Naast deze reductie is er net als in pakket A een graslandnorm van 0,4 hectare per GVE. Ook hiervoor wordt een additionele krimp van de melkveestapel van 3,1% geraamd. Tot slot is er in pakket B doelsturing via een emissieheffing aan de marge. Deze kan op verschillende manieren worden ingevuld. In het rapport van Kalavasta over emissiebegroting wordt uitgegaan van 264 euro/ton CO₂-eq. Belangrijk hierbij is te realiseren dat er een vrijstelling is voor een bepaald volume emissies, die gebaseerd is op een benchmark per bedrijfstype en die lineair daalt richting 2040. De heffing werkt volgens een ETS-principe, waarbij boeren alleen betalen voor emissies boven hun toegewezen emissierechten.

Wanneer deze heffing van 264 euro/ton van kracht is, wordt een reductie van 2 Mton geraamd door de bijdrage van de graslandnorm en de emissieheffing. Om de streefwaarde voor landbouw van 11,8 Mton zoals uitgewerkt in het Klimaatplan te bereiken, is bovenop deze 2 Mton een additionele reductie van 2,5 Mton nodig in 2040. Hierbij wordt benadrukt dat de doelsturing via een emissieheffing met name bedoeld is om emissiereductie te bewerkstelligen en de transitie te versnellen, maar niet als doel heeft om bedrijven te laten stoppen. Voor een effectieve transitie zal additioneel faciliterend beleid nodig zijn. Met een heffing aan de marge van 300-500 euro/ton is het modelmatig mogelijk om deze additionele reductie te realiseren. De modeluitkomsten laten ook zien dat dit met het huidige beleid leidt tot een aanzienlijk aantal stoppers. Dit komt voornamelijk doordat, ondanks dat de heffing aan de marge werkt en niet alle emissies worden betaald, het voor veel transitiepaden niet mogelijk is om de meerkosten van een transitiepad door te berekenen in de prijs. Daarnaast reduceren sommige transitiepaden te weinig emissies, waardoor bedrijven alsnog heffing moeten betalen. In het eindbeeld blijven vooral natuurinclusieve bedrijven over, maar ook hightech- en geëxtensiveerde, omdat deze voldoende emissies kunnen reduceren.

Gezien de gevoeligheid van deze uitkomsten en het belang dat de heffing tot emissiereductie leidt, wordt aanbevolen om aanvullend onderzoek te doen voordat dit pad verder wordt verkend. In de modeluitkomsten is aangenomen dat boeren niet prijszettend zijn en de meerkosten van transitiepaden dus niet kunnen doorberekenen in de markt. Indien het onwenselijk is dat een aanzienlijk aantal bedrijven stopt, zal flankerend beleid nodig zijn om de transitie financieel haalbaar te maken. Hierbij is het van belang om beter in beeld te brengen welke vorm van ondersteuning effectief kan zijn om de gewenste emissiereductie te ondersteunen zonder onbedoelde neveneffecten.

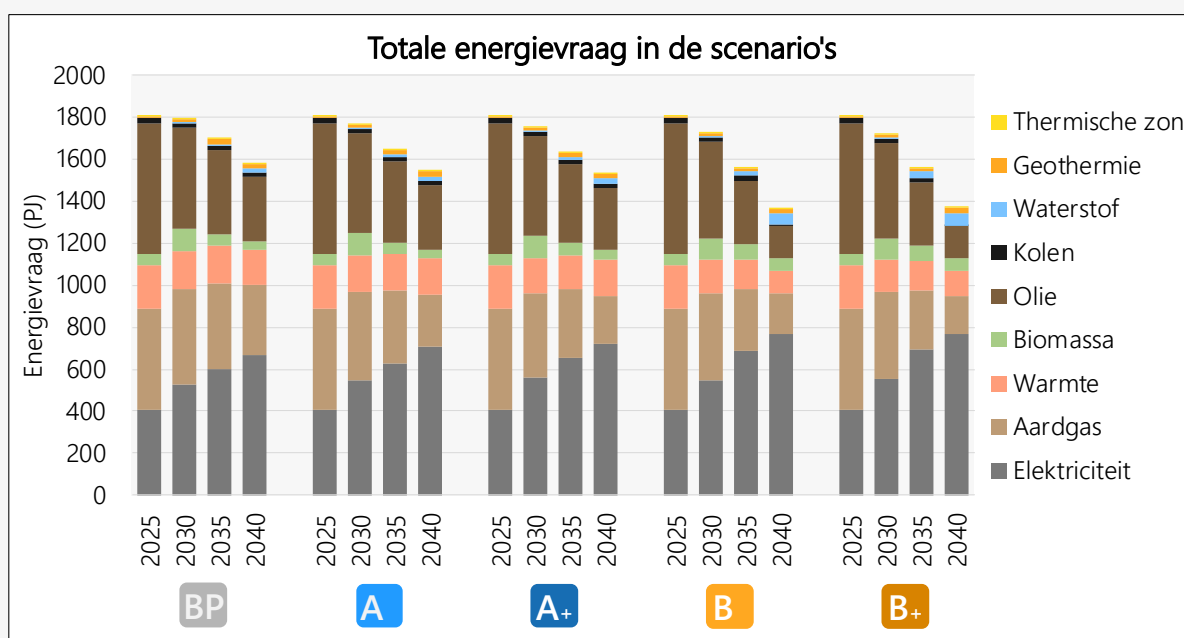
Tot slot zijn in pakket B+ meer financiële middelen beschikbaar om boeren te helpen de transitie te versnellen en zijn er ook middelen voor bossenstrategie en veenweide, waardoor de emissies sterker dalen dan in pakket B.

Het streefdoel uit het Klimaatplan in de pakketten B en B+ kan daarmee behaald worden via doelsturing met een emissieheffing. Er zijn echter ook andere manieren om meer emissies te

reduceren. De doelsturing op bedrijfsniveau van pakket A en A+ kan namelijk ook zo worden vormgegeven dat er meer emissies worden gereduceerd. Ook kunnen er onderdelen bij bijvoorbeeld glastuinbouw worden gerealiseerd om de nog staande WKK's en gasketels over te zetten naar groengas. Wanneer de kosten voor de energiebelasting, ETS2 en de kale gasprijs hoger zijn dan de kosten voor groengas inclusief energiebelasting, kunnen tuinders emissieneutraal bijdragen aan de elektriciteitsvoorziening via het gebruik van groengas. De kosten voor de energiebelasting gelden nu ook voor groengas, terwijl de ETS2-heffing enkel voor aardgas geldt. Over de verhoudingen tussen energiebelasting en ETS2-kosten kunnen richting 2040 hiervoor beleidskeuzes worden gemaakt. Ook zijn er nog diverse mogelijkheden om emissies van landgebruik te laten dalen, onder meer door het vrijmaken van meer middelen voor bossen en veenweide.

Energievraag

De emissiereductie die hiervoor besproken is, wordt voor een belangrijk deel veroorzaakt door verschuivingen in de energievraag. Enerzijds worden fossiele energiedragers als gas, olie en kolen vervangen door niet-fossiele energiedragers en anderzijds wordt er energie bespaard door bijvoorbeeld efficiencywinsten van warmtepompen en isolatie. In de grafiek hieronder staat de finale energievraag per scenario (per pakket, per steekjaar).



Figuur 10: De totale finale energievraag in de scenario's voor het basispad en de vier pakketten voor de jaren 2030, 2035 en 2040.

De totale energievraag valt in 2040 in de A pakketten enkele tientallen PJ lager uit dan in het basispad, maar meer dan 200 PJ lager uit in de B pakketten. De stroomvraag valt daarentegen enkelen tientallen PJ in de A pakketten en ongeveer 100 PJ in de B pakketten hoger uit dan in het basispad.

De hernieuwbaarheid van de finale vraag bedroeg in het basispad ongeveer 40% in 2040. Dit loopt op naar 44% in pakket A, 53% in pakket A+, 50% in pakket B en 64% in pakket B+.

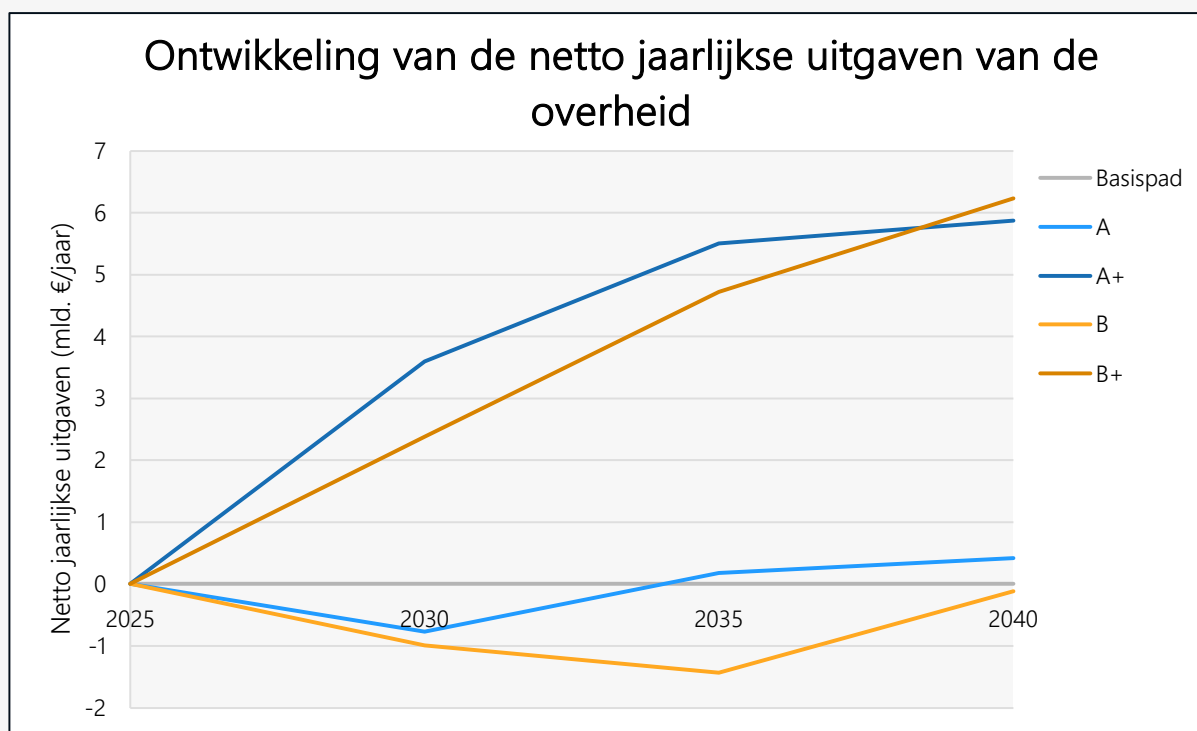
Voor dit alles geldt dat hier nog geen weglekrisico's of maakbaarheidsbeperkingen in meegenomen zijn. Deze worden verderop besproken.

Lastenontwikkeling

We beschrijven hieronder de lastenontwikkeling ten gevolge van de pakketten, ten opzichte van de verwachte lasten in het basispad (die ook reeds in de begrotingen staan).

Overheid

Voor de overheid wordt hieronder de ontwikkeling van de netto verwachte jaarlijkse uitgaven ten opzichte van het basispad getoond. Dit bevat zowel verschillen in uitgaven als verschillen in inkomsten. Het basispad is weergegeven als de nullijn en in de figuur worden de verschillen ten opzichte van het basispad getoond.



Figuur 11: Ontwikkeling van de netto jaarlijkse uitgaven van de overheid ten opzichte van het basispad en de vier pakketten voor de jaren 2030, 2035 en 2040. De netto uitgaven van de overheid zijn hierin op 0 gezet, maar vertonen lichte fluctuaties in de doorrekening: +0,1 miljard euro in 2030, -0,3 miljard euro in 2035 en -0,1 miljard euro in 2040.

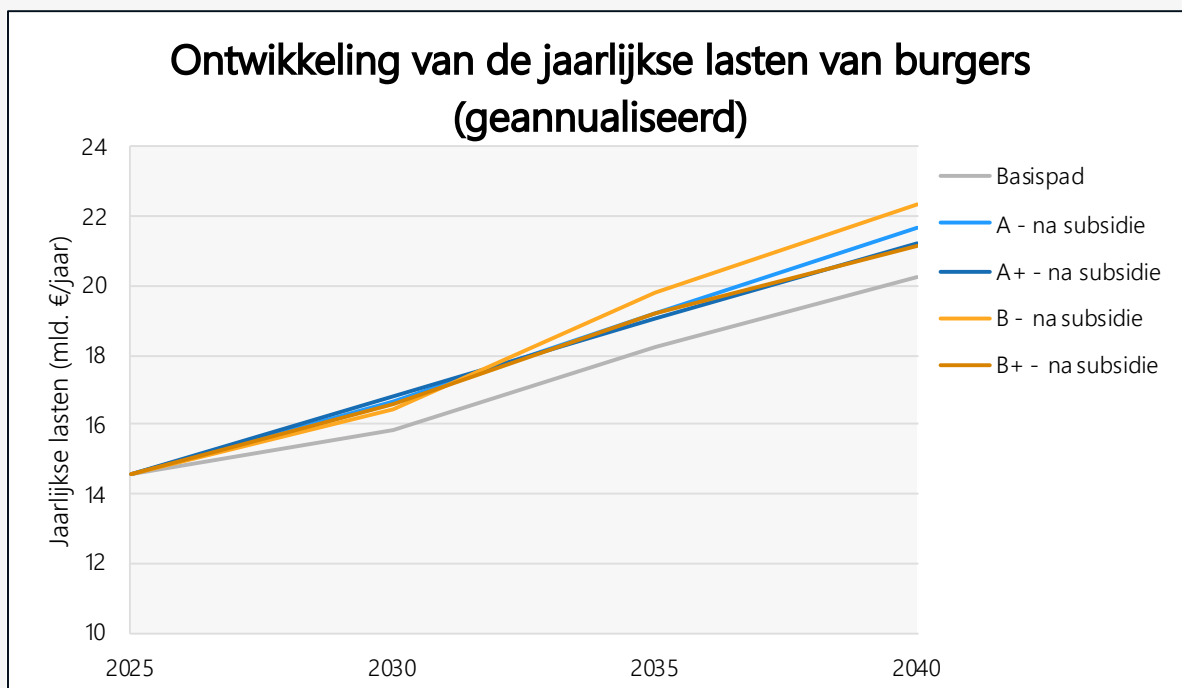
De A en B pakketten zijn qua uitgaven bijna budgetneutraal en kennen verder kleine schommelingen in de energiebelasting en CO₂-heffing. Inkomsten van mobiliteit (accijnzen, MRB en BPM) zijn apart doorgerekend door RevNext, zie bijlage. Hierbij (bij mobiliteit) zijn de pakketten A en B budgetneutraal ten opzichte van het basispad en de pakketten A+ en B+ hebben een additioneel budget van ongeveer 500 miljoen euro per jaar ten behoeve van de transitie.

De plus pakketten daarentegen kennen hogere uitgaven door de maatregelen en zorgen zoals begroot voor een toename van de uitgaven met ongeveer 6 miljard euro per jaar. In het basispad

zijn inkomsten uit de CO₂-heffing voorzien, die wegvallen wanneer de CO₂-heffing in de A pakketten wordt afgeschaft. Omdat hier reeds een dekking voor is gevonden, laten we deze delta in inkomsten niet zien. In de grafiek zijn daarom alleen de extra inkomsten van de hogere CO₂-heffing in de B pakketten meegenomen. Specifiek gaat dit om 50 miljoen in 2030 en ongeveer 1 tot 1,1 miljard in 2035 (respectievelijk B en B+). Let op dat dit afhangt van eventuele weglekrisico's en de inkomsten niet gegarandeerd zijn. Ook zouden door weglekeffecten minder EB inkomsten kunnen plaatsvinden in pakket B en B+, in de orde grootte van 1 miljard euro per jaar in 2040 in deze analyse. Omdat we aannemen dat de industrie geheel emissievrij is in 2040 vanwege de CO₂-heffing van 350 €/ton in 2040, vallen de inkomsten uit de CO₂-heffing in dit jaar weg, en vallen ze lager uit dan in het basispad. Net als in pakket A worden weggevallen inkomsten niet in de grafiek getoond.

Huishoudens

Voor huishoudens rapporteren we de lasten voor hun warmtevoorziening. Dit betreft dus enkel de uitgaven die huishoudens doen aan verwarming en stroom voor apparaten en niet de uitgaven met betrekking tot mobiliteit. Hierin zit inbegrepen onder andere de afschrijving en financiering van het apparaat dat voor ruimteverwarming en tapwater verzorgt, onderhoudskosten daarvan, energietarieven, energiebelasting en nettarieven. We rapporteren dit als over de levensduur van het apparaat geannualiseerde kosten. Ook al kennen sommige technologieën een meerinvestering, kunnen zij op jaarlijkse kostenbasis goedkoper uitvallen.



Figuur 12: Ontwikkeling van de jaarlijkse lasten van huishoudens voor hun warmtevoorziening in het basispad en de vier pakketten voor de jaren 2030, 2035 en 2040.

In de pakketten zonder subsidies (A en B) stijgen de lasten voor huishoudens met ongeveer 2 miljard euro per jaar, ofwel 10% richting 2040 t.o.v. het basispad. In de plus pakketten stijgen ze met minder dan 1 miljard euro/jaar t.o.v. het basispad. De subsidies zorgen er, naast de energiebelasting verschuiving en overstap naar andere warmtevoorziening voor, dat in de plus pakketten de totale lasten vergelijkbaar of lager zijn op jaarbasis.

Er moet hierbij opgemerkt worden dat er een grote spreiding in de lastenontwikkeling voor huishoudens zal zijn. Bewoners van een woning zonder cv-ketel profiteren van een lagere belasting op stroom en zijn goedkoper uit, maar huishoudens met een gasgestookte cv-ketel (een kleine minderheid) zijn zeker in de B pakketten al gauw vele honderden euro's per jaar extra kwijt ten opzichte van het basispad. Het deel van laatstgenoemden dat eengezinswoningen betreft zal uiteindelijk door de norm overstappen en een besparing kunnen realiseren. Maar het deel dat appartementen betreft kent geen norm en door de gemiddeld lagere warmtevraag ook geen (acceptabele) terugverdientijd voor een (hybride) warmtepomp. Deze laatste groep verdient daarom met name extra aandacht bij dergelijke energiebelasting wijzigingen (naast de norm).

Bedrijven

In onderstaande figuur tonen we de lasten voor bedrijven in het basispad en de vier pakketten. Na het bespreken van de bedrijven als geheel, zoomen we in het op deel voor de industrie. De lasten die we in kaart hebben gebracht zijn:

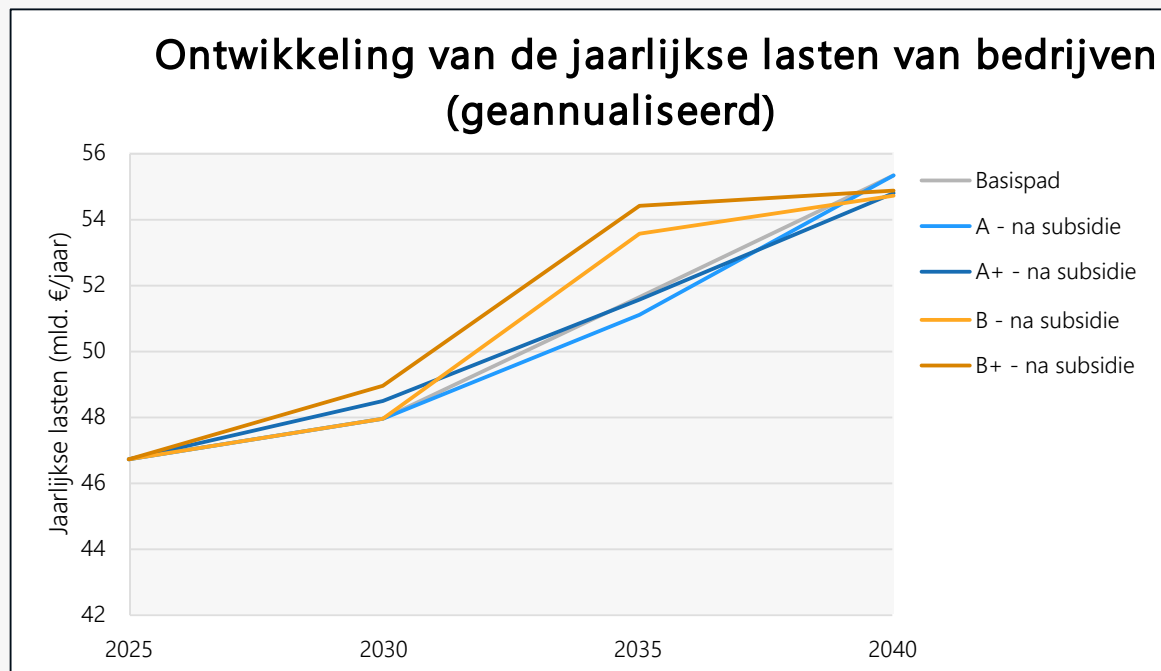
- CAPEX (geannualiseerd, gebaseerd op het ETM en in de industrie op de MIDDEN database, het SDE++ OT-model of andere publieke bronnen)
- OPEX (gebaseerd op het ETM en in de industrie op de MIDDEN database, het SDE++ OT-model of andere publieke bronnen)
- Energiekosten (prijs energiedragers conform KEV 2025)
- Energiebelasting (tarieven zoals aangeleverd door het ministerie van financiën)
- Netbeheerkosten (gebaseerd op het FIEN+ rapport van Strategy&, 2024)
- CO₂-beprijzing in de industrie (de max van ETS1 en een eventuele CO₂-heffing voor een deel van de industrie en de ETS2 beprijzing voor de ETS2 industrie)
- Totaalkosten transport
- Plasticsheffing in A+ en B+ pakketten
- Gecorrigeerd voor eventuele geannualiseerde subsidies

We kijken hier naar alle vraagbedrijven in Nederland. Dit is dus een zeer diverse mix van bedrijven en omvat de industrie, de dienstensector en alle landbouwbedrijven, voor het deel dat in het ETM gemodelleerd is. De resultaten van deze grafiek zijn daardoor ook een mix van diverse effecten. De lasten in de aanbodzijde hebben we niet getoond. Hierin zitten in het basispad en de pakketten sterke stijgingen, omdat er veel geïnvesteerd gaat worden in bijvoorbeeld wind op zee. Hier staan natuurlijk ook inkomsten tegenover, die in de figuur niet zichtbaar worden. Omdat deze

lasteneffecten dus een vertekenend beeld geven, hebben we ervoor gekozen deze niet in het beeld op te nemen.

In de totale lasten van bedrijven zien we een stijging in het basispad. Uitgaven aan energie, wat opgesplitst kan worden als de kale energiekosten, energiebelasting en nettarieven, vormen voor bedrijven de grootste kostenpost. Er is gerekend met de energieprijzen conform de KEV, waarin een daling in de elektriciteit groothandelsprijs (van 77 €/MWh in 2025 tot 63 €/MWh in 2035 en 2040) is voorzien. In het basispad stijgen de totale uitgaven aan energie van zo'n 33 miljard in 2025 naar 36 miljard in 2040. De voornaamste drijfveer hiervoor zijn de toegenomen nettarieven, die in totaal van 3,5 miljard in 2025 tot ruim 8 miljard in 2040 stijgen. Tegelijkertijd verschuift de energievraag naar andere dragers en vooral meer elektriciteit, waardoor de lasten voor enkel energie afnemen.

De meest invloedrijke post na energie in het basispad is de combinatie van CAPEX en OPEX. Zo zien we in het basispad dat de CAPEX en OPEX samen zorgen voor een stijging in de totale lasten van 8 miljard in 2025 tot 11 miljard in 2040. De grootste stijging hier wordt veroorzaakt door verwarmen van gebouwen middels warmtepompen en het installeren van zonnepanelen op gebouwen.



Figuur 13: Ontwikkeling van de jaarlijkse lasten van bedrijven (alle energievraag, CAPEX en OPEX die niet bij huishoudens zit) in het basispad en de vier pakketten voor de jaren 2030, 2035 en 2040.

Daarnaast is een andere post die meetelt: de CO₂-beprijzing in de industrie. In het basispad neemt PBL aan dat de ETS1 industrie in 2040 nog relatief veel restemissies heeft en hiervoor CO₂-

beprijzing betaald, in de vorm van ETS2 prijs en de CO₂-heffing, zoals die begin 2025 gold. Dit zorgt een stijging van enkele miljarden aan extra lasten voor de industrie in 2040.

Tot slot is de laatste post die meetelt de kosten van transport als geheel. Hierbij wordt opgemerkt dat investeringskosten in voertuigen niet in deze raming zijn meegenomen, omdat het ETM deze niet meeneemt en het niet eenduidig was om deze op een juiste wijze te bepalen. Door een verschuiving van fossiel naar elektrisch is er in het basispad een daling van 2 miljard te zien tussen 2025 en 2040. De daling komt door lagere uitgaven aan accijnzen voor fossiele brandstoffen en lagere energiebelasting voor elektrisch rijden.

In het A pakket zien we relatief weinig verschillen ten opzichte van het basispad. In 2035 zien we een daling van ongeveer een half miljard, grotendeels (300 miljoen) veroorzaakt door het wegvallen van de CO₂-heffing in de industrie (zie ook de volgende paragraaf).

In het A+ pakket zijn er netto beperkt verschillen ten opzichte van het A pakket en het basispad. Achter de vergelijkbare totaalcijfers liggen wel een aantal verschuivingen. Aan de ene kant zien we in beide plus-pakketten een lastenverzwaring in de vorm van de plasticheffing, de MRB-versobering voor bestelbusjes en verminderde teruggave van de energiebelasting, wat opgeteld leidt tot een lastenverzwaring voor bedrijven van bijna 1,5 miljard per jaar. Tegelijkertijd worden in het A+ pakket in dezelfde orde grootte jaarlijkse subsidies verstrekt aan de bedrijven.

Een deel van de subsidies betreft CAPEX-subsidies. Subsidies die de initiële kapitaaluitgaven (CAPEX) verlagen, worden in één jaar uitgegeven, maar dragen meerdere jaren bij aan verlaging van de lasten. Omdat investeringen worden afgeschreven over hun levensduur, draagt een subsidie die bijvoorbeeld in 2030 wordt verstrekt, nog tien jaar later in 2040 bij aan lagere jaarlijkse kapitaalkosten. De afschrijvingslasten blijven immers doorlopen, waardoor het subsidievoordeel zich over de gehele afschrijvingsperiode uitstrekt. Het effect van de subsidies in A+ neemt daardoor over de jaren heen toe: indien per jaar 1 miljard verstrekt wordt, wordt cumulatief tussen 2030 en 2040 10 miljard verstrekt. Indien we de subsidiees ook annualiseren over de levensduur (zeg 20 jaar in dit rekenvoorbeeld), dan bedragen deze in 2030 50 miljoen euro en in 2040 500 miljoen euro.

De jaarlijkse lastenverlichting valt deels in de industrie (zie ook de volgende paragraaf). Voor bedrijven als geheel blijven de netto lasten door de combinatie van heffingen en subsidies ongeveer gelijk. Naast deze twee grote en elkaar deels opheffende verschuivingen, zien we in 2030 de lasten ongeveer een half miljard hoger liggen in A+ dan in het A pakket en in 2040 ongeveer een half miljard lager. De voornaamste reden is dat er in A+ meer geïnvesteerd wordt in nieuwe technologieën, zoals groene waterstofproductie en geothermie, en dat op de langere termijn subsidies meer lastenverlichting bieden door het cumulatieve effect van sommige subsidies.

In pakket B zien we grotere verschillen tussen de lasten in het basispad en in het pakket. Hier spelen verschillende zaken een rol. Om te beginnen zien we netto weinig effect in 2030: dit is een combinatie van twee tegengestelde effecten. De lasten in de industrie stijgen met ongeveer 1 miljard (zie volgende paragraaf), terwijl de lasten voor transport met ongeveer een half miljard dalen en er daarnaast een aantal kleinere verschuivingen in de energievraag optreden. Vervolgens stijgen de lasten in 2035 B tot een bijna twee miljard boven het basispad. Hiervoor geldt als voornaamste reden een lastenstijging van ongeveer 2 miljard door het aanscherpen van de CO₂-heffing in de industrie en alle gevolgen die dit in de industrie heeft (zie volgende paragraaf). In 2040 zien we dat de kosten ongeveer een half miljard dalen ten opzichte van het basispad, wat met name wordt veroorzaakt door verschuivingen in de energiekosten, omdat er anders en minder energie wordt gebruikt.

Tot slot zien we in B+ grotendeels dezelfde beweging als in pakket B. In dit pakket is sprake van meer subsidies voor bedrijven, maar tegelijkertijd ook nieuwe heffingen. Netto zien we dat deze twee aanpassingen zorgen voor een lastenstijging van een half miljard in elk jaar.¹⁶ In 2030 zien we een lastenstijging van totaal ongeveer 1 miljard. Dit is een combinatie van dezelfde effecten als in 2030 B, met daarnaast de extra heffingen en kleine verschuivingen in het energiegebruik. In 2035 stijgen de lasten verder tot 2,8 miljard boven het basispad. Dit komt grotendeels door de CO₂-heffing in de industrie (zie volgende paragraaf), en daarnaast wordt er in dit pakket meer geïnvesteerd in allerlei technologie, waaronder voor de productie van groene waterstof. In 2040 zijn de lasten zo'n 400 miljoen lager dan het basispad. Hier vindt veel lastenverlaging plaats door verschuiving en vermindering in energievraag, net als in pakket B, en hebben de subsidies een groter effect dan in voorgaande jaren, vanwege een deels cumulatief effect.

Industriële bedrijven

In onderstaande figuur tonen we de lasten voor de industrie in het basispad en de vier pakketten. De lasten die we in kaart hebben gebracht zijn:

- CAPEX (geannualiseerd, gebaseerd op de MIDDEN database, het SDE++ OT-model of andere publieke bronnen)
- OPEX (gebaseerd op de MIDDEN database, het SDE++ OT-model of andere publieke bronnen)
- Energiekosten (prijs energiedragers conform KEV 2025)
- Energiebelasting (tarieven zoals aangeleverd door het ministerie van financiën)
- Netbeheerkosten (gebaseerd op elektriciteitsverbruik en toename per steekjaar gebaseerd op het FIEN+ rapport van Strategy&, 2024)

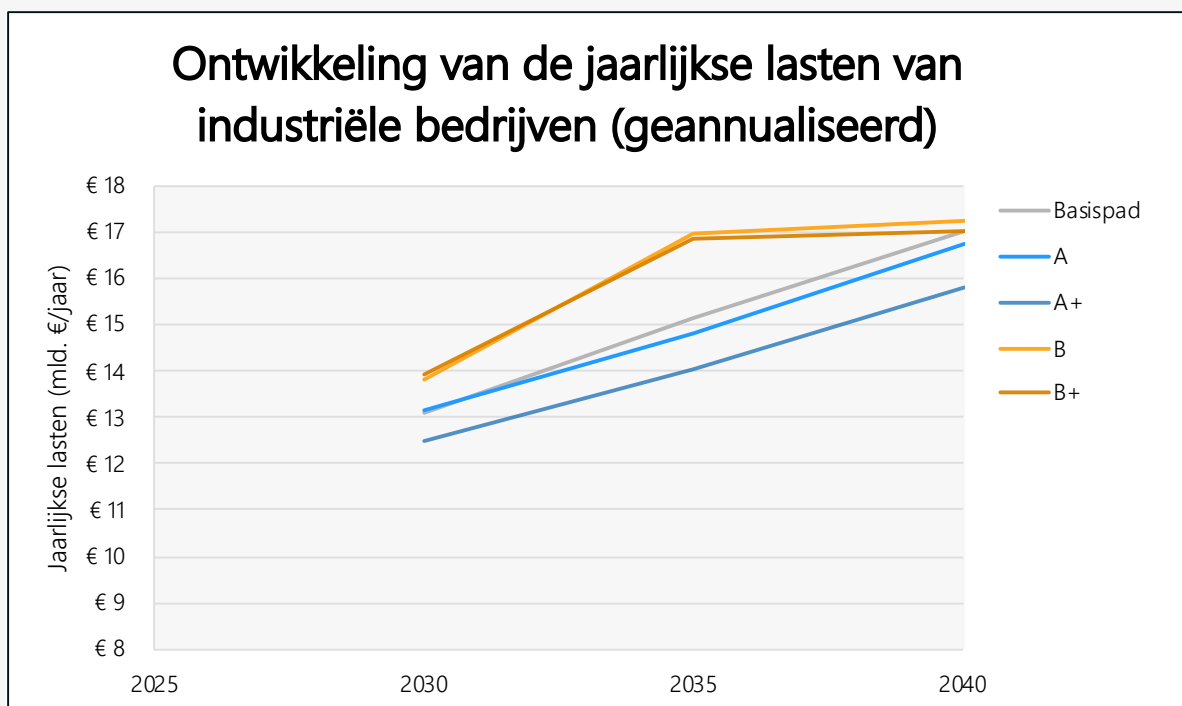
¹⁶ De verdeling van subsidies tussen A+ en B+ is dat in A+ meer jaarlijkse subsidies worden verstrekt (zoals bijvoorbeeld de stimulans elektrificatie in de industrie), waardoor het effect van het subsidiepakket voor bedrijven op de jaarlijkse kosten in de onderzochte jaren in A+ iets gunstiger is dan in B+.

- CO₂-beprijzing (de max van ETS1 en een eventuele CO₂-heffing voor een deel van de industrie en de ETS2 beprijzing voor de ETS2 industrie)
- Plasticheffing in A+ en B+ pakketten
- Gecorrigeerd voor eventuele geannualiseerde subsidies

In het basispad zien we een toename in de lasten van ongeveer 4 miljard tussen 2030 en 2040. De toename in de lasten van bedrijven zit voor 2 miljard in de CO₂-beprijzing. In het basispad is aangenomen dat in de ETS1 industrie in 2040 nog veel restemissies zijn, waardoor bedrijven ETS1 rechten moeten kopen en een extra nationale CO₂-heffing betalen. De geraamde ETS1 prijs in 2040 is 190 €/ton. De CO₂-heffing is 216 €/ton in 2040 in het basispad en bedrijven betalen voor deze heffing de extra 26 €/ton ten opzichte van de ETS1 prijs. Daarnaast zien we in het basispad een toename in de CAPEX en OPEX lasten en in de nettarieven. Daartegenover staat een (kleinere) daling van de uitgaven aan energie en energiebelasting.

In pakket A zien we voor de industrie een beperkte lastendaling in 2035 en 2040 ten opzichte van het basispad. Deze wordt vooral veroorzaakt door het afschaffen van de CO₂-heffing, waardoor bedrijven alleen de lasten van het ETS1 betalen en netto een lagere CO₂-beprijzing hebben.

In pakket A+ dalen de lasten verder ten opzichte van het basispad. De belangrijkste reden hier voor is dat er in dit pakket diverse subsidies aan de industrie worden verstrekt, zoals beschreven



Figuur 14: Ontwikkeling van de jaarlijkse lasten van bedrijven (alle energievraag, CAPEX en OPEX die niet bij huishoudens zit) in het basispad en de vier pakketten voor de jaren 2030, 2035 en 2040.

in tabel 3. Tegelijkertijd wordt in pakket A+ de plasticheffing met een opbrengst van 500 miljoen geheven, waardoor de netto lasten niet zo sterk dalen als de subsidies die verstrekt worden.

In pakket B zien we een netto lastenstijging in 2030 en 2035 ten opzichte van het basispad. In 2035 gaat het om bijna 2 miljard. Dit is een combinatie van allerlei verschuivingen: er wordt meer uitgegeven aan energie, CAPEX en OPEX en de nettarieven. Dit wordt met name veroorzaakt door de nationale CO₂-heffing, die in sommige gevallen zorgt voor verduurzaming, maar in diverse sectoren ook kan zorgen voor een lastenstijging, indien emissiereductie ook na de verhoogde heffing niet rendabel is. Let op dat deze extra lasten ertoe kunnen leiden dat bedrijven vertrekken uit Nederland, waardoor de lasten weer zouden afnemen. Dit weglekrisico wordt in de volgende paragraaf besproken. Tussen 2035 en 2040 zien we dat de lasten ongeveer gelijk blijven en terugkeren naar het basispad. In de B pakketten in 2040 is aangenomen dat de CO₂-heffing dermate hoog is, dat deze volledig wordt vermeden. Hierdoor worden in dit scenario alle emissiereductiemaatregelen genomen. De netto lastenverzwaring is dan ongeveer nul ten opzichte van 2035 en ten opzichte van het basispad. In het basispad worden in 2040 bijna 4 miljard aan CO₂-beprijzing afgedragen. Die worden in dit geval vermeden en vervangen door de toegenomen lasten door verduurzaming. Onder de CO₂-heffing in het basispad (216 €/ton in 2040) is de CO₂-vermijdingsprijs in een deel van de sectoren die dan nog niet verduurzamen dicht bij de nul en zijn de extra kosten ten opzichte verduurzaming beperkt, maar we nemen aan dat er pas wordt geïnvesteerd in verduurzaming als dit duidelijk rendabel is (zie methode). Daarom is er slechts een beperkte netto lastenstijging tussen 2040 in het basispad (waar een groot deel industrie nog opereert met restemissies) en 2040 B (waar de industrie volledig emissievrij opereert).

Tot slot in pakket B+ zien we beperkte verschillen ten opzichte van pakket B. Hier gelden twee tegengestelde effecten: enerzijds worden hier subsidies verstrekt, met in totaal een lager bedrag dan in pakket A+. Anderzijds wordt in B+, net als in A+, de plasticheffing van 500 miljoen ingevoerd. Het netto-effect van de subsidies en deze heffing is ongeveer nul.

Weglekrisico's

In het basispad van PBL worden bepaalde productiereeksen voor de industriële subsectoren verondersteld. Echter zijn de productievolumes van bedrijven in de toekomst zeer onzeker. Ze hangen af van allerlei ontwikkelingen, onder andere van energieprijzen, marktvraag, beleid hier en in andere landen, etc. In de bandbreedte van de PBL-ramingen wordt gewerkt met verschillende groei en krimp van de industrie om ruimte te geven aan deze onzekerheid. In onze analyse hebben we zo veel mogelijk aangesloten bij PBL, en daarom de basispad productiereeksen gevolgd die door PBL zijn gehanteerd. De consequentie is dat de beleidspakketten deze productiereeksen in de analyse niet beïnvloeden en enkel is onderzocht waar en wanneer verduurzaming plaats vindt. Dit is een versimpeling van de werkelijkheid. Beleid zou er ook voor kunnen zorgen dat

een bedrijf vertrekt. De nationale emissiereductie is dan gelijk met de situatie waarin het bedrijf verduurzaamt, maar de mondiale emissiereductie niet, evenals de consequenties voor de economie, energievraag en inkomsten van de overheid.

De keuze voor een bedrijf om in Nederland te blijven produceren, of productie te verplaatsen, is complex en wordt onder andere door beleid beïnvloedt. Zoals we hieronder verder toelichten, verwachten we dat in de B pakketten sprake is van substantiële weglekrisico's vanwege de prijs van de CO₂-heffing, die in deze pakketten aanzienlijk hoger is dan de raming van de ETS1 prijs (respectievelijk 350 €/ton en 190 €/ton in 2040). In de B pakketten hebben we in de analyse aangenomen dat dit niveau CO₂-prijs de emissiereductie voor het overgrote deel van de industrie zeker stelt, ofwel door emissiereductie rendabel te maken, ofwel omdat deze prijs zo hoog is dat bedrijven vertrekken. Vanwege de aangenomen productiereeksen van het KEV basispad (maar niet de onzekerheidsbandbreedtes) is het eventueel vertrekken van bedrijven niet opgenomen in de doorrekening, maar gaan we er hier dieper op in.

CO₂-heffing als voornaamste reden voor verduurzaming

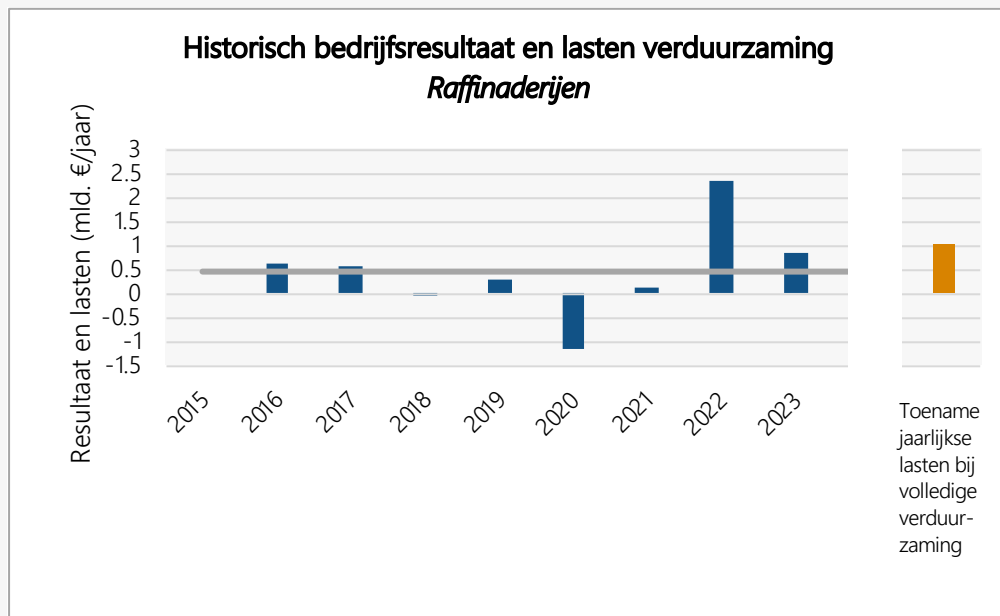
Allereerst hebben we in onze analyse onderzocht voor welke industrie de CO₂-heffing in 2035 of 2040 de bepalende factor is om te verduurzamen (of vertrekken). Oftewel, voor welke sectoren wordt de CO₂-vermijdingsprijs voornamelijk beïnvloed door de CO₂-heffing en niet door bijvoorbeeld aanpassingen in de energiebelasting. Hieruit blijkt dat met name de grote basisindustrie in Nederland enkel door de CO₂-heffing geforceerd wordt te verduurzamen: de raffinaderijen, stoomkrakers, het deel nog niet verduurzaamde staalproductie en kunstmest. Dit is niet verrassend en dit zijn ook de sectoren die in 2040 volgens PBL nog relatief weinig hebben verduurzaamd, vanwege de relatief hoge CO₂-vermijdingsprijzen (tussen de 150 en 300 €/ton) en hun mondiale operatie. In totaal gaat het om zo'n 17 Mton aan emissies en ongeveer 10 bedrijven in 2040 de B pakketten, die volgens onze analyse voornamelijk door de CO₂-heffing zouden verduurzamen (of vertrekken).

Lastenstijgingen door verduurzaming of CO₂-beprijzing in de raffinagesector

Ten tweede willen we duidelijk maken welke lastenstijgingen voor de industrie gelden, wanneer over wordt gestapt op een emissievrije productie. We hebben daarom een analyse gedaan van de lastenstijging van verduurzaming, CO₂-beprijzing en de historische winsten voor de raffinagesector en de organische basischemie, wat gedomineerd wordt door de stoomkrakers. Dit zijn slechts twee voorbeeld sectoren en een vergelijkbare analyse zou gemaakt kunnen worden voor andere sectoren.

Onderstaande figuur toont de jaarlijkse winst in de raffinagesector, welke in Nederland voornamelijk in cluster Rotterdam, en daarnaast Zeeland West-Brabant, actief is. De jaarlijkse winst is zeer variabel in de raffinagesector en liep van negatief 1 miljard tot positief ruim 2 miljard tussen 2016 en 2023. Gemiddeld was de jaarlijkse winst tussen 2016 en 2023 zo'n 450 miljoen euro. De totale toename van lasten bij volledige verduurzaming in 2040 zouden ongeveer 1 miljard euro

zijn. Dit getal is zeer onzeker en hangt af van diverse aannames die zijn gedaan, en moet daarom als indicatief richtgetal worden geïnterpreteerd.



Figuur 15: Het historisch bedrijfsresultaat voor de raffinagesector (SBI code 19201, data CBS) en het gemiddelde in de grijze lijn. Rechterkolom toont de extra jaarlijkse kosten voor de sector indien deze geheel verduurzaamt.

We hebben voor de sector uitgerekend wat de toename in de kosten zou zijn, indien volledige verduurzaming plaatsvindt vanaf de situatie in 2024. Omdat er tussen 2024 en 2040 volgens de KEV productiekrimp en emissiereductie plaatsvindt, hebben we de berekening van de lasten hiervoor gecorrigeerd. Volgens deze analyse zouden de jaarlijkse lasten ongeveer 1 miljard per jaar toenemen indien volledig wordt verduurzaamd. Dit getal is zeer onzeker en hangt af van diverse aannames die zijn gedaan, en moet daarom als indicatief richtgetal worden geïnterpreteerd. Een stijging van 1 miljard per jaar is een forse toename in vergelijking met de jaarlijkse winst.

We zien voor de raffinagesector dat de totale lasten van CO₂-beprijzing onder het ETS1 voor 2040 in de buurt komen van de toename in de lasten bij verduurzaming, ongeveer 1 miljard per jaar. Met andere woorden: de lastenstijging bij verduurzamen en bij emissiereductie is vergelijkbaar. Bij de CO₂-heffing van 350 €/ton in pakket B verdubbelen de lasten door CO₂-beprijzing grofweg tot zo'n 2 miljard per jaar. Het is onze verwachting dat bedrijven die lasten zeker niet betalen en ofwel productie verplaatsen ofwel verduurzamen.

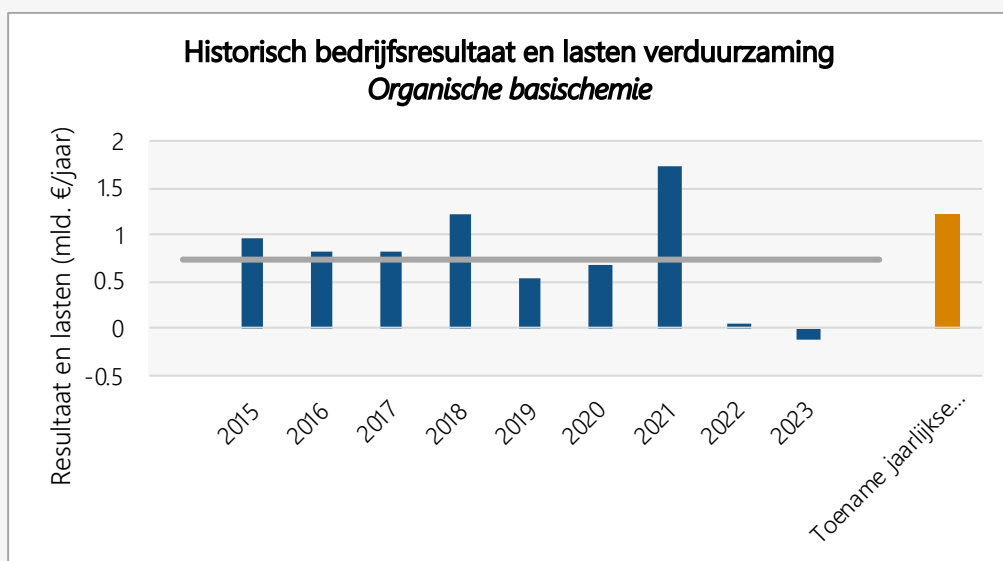
De afweging tussen deze twee opties hangt af van de mate waarin de extra lasten kunnen worden terugverdiend of worden ondersteund. Bedrijven kunnen alleen opereren met deze lasten, als ze hierin deels worden ondersteund of als deze lasten kunnen worden terugverdiend door de kosten door te rekenen aan de klant. Binnen Europa geldt het ETS1, waardoor alle Europese bedrijven met dezelfde lastenstijgingen te maken krijgen. Maar de sector opereert op mondiale schaal en

concurrereert dus ook met bedrijven buiten Europa. Zolang CBAM niet wordt uitgebreid naar raffinageproducten is er dus al een reëel risico dat de sector het aflegt tegen import van producten uit gebieden waar geen verduurzaming wordt afgedwongen middels beprijzing. Echter geldt voor de nationale CO₂-heffing in veel sterkere mate dat deze niet kan worden doorberekend aan de klant, omdat er in omringende landen geen vergelijkbare heffing geldt. Het weglekrisico na invoering van deze heffing schatten we op hoog. Een meer gedetailleerde inschatting van de weglekrisico's zou een analyses vergen van de marktontwikkeling, energieprijzen in diverse landen en energie- en klimaatbeleid in omringende landen (zie bijvoorbeeld de jaarlijkse speelveldtoets van Strategy&). Een dergelijke analyse is in tijdsbestek van deze opdracht niet mogelijk.

Lastenstijgingen door verduurzaming of CO₂-beprijzing in de organische basischemie

Voor de stoomkrakers zien we dat de gemiddelde jaarlijkse winst tussen 2015 en 2020 relatief stabiel was. In 2021 was de winst ten opzichte van de jaren daarvoor ongeveer het dubbele, terwijl deze in 2022 en 2023 sterke daalde tot een nettoverlies in 2023. De gemiddelde winst over deze periode was zo'n 750 miljoen euro per jaar, waarbij moet aangemerkt worden dat deze gemiddelde winst sterk daalt wanneer slechts naar de meer recente jaren wordt gekeken.

We hebben berekend hoe de jaarlijkse lasten veranderen indien de sector in 2040 geheel verduurzaamd opereert. De toename in de jaarlijkse lasten zouden dan volgens onze analyse zo'n 1,2 miljard zijn. Opnieuw geldt: dit getal is zeer onzeker en hangt af van diverse aannames die zijn gedaan, en moet daarom als indicatief richtgetal worden geïnterpreteerd. Wat uit deze vergelijking blijkt is dat de toegenomen lasten voor verduurzaming hoog zijn in vergelijking met de gemiddelde winst.



Figuur 16: Het historisch bedrijfsresultaat voor de sector organische basischemie (SBI code 2014, data CBS) en het gemiddelde in de grijze lijn. Rechterkolom toont de extra jaarlijkse kosten voor de sector indien deze geheel verduurzaamt.

Voor de organische basischemie zien we qua CO₂-beprijzing een vergelijkbaar beeld als voor de raffinaderijen. De sector wordt gedomineerd door de stoomkrakers, en hiervoor hebben we de lasten van verduurzaming en CO₂-beprijzing uitgerekend, maar de winstreeksen omvatten dus ook deels andere productie. Het is niet mogelijk dit verder uit te splitsen. Omdat we de lasten voor verduurzaming van de volledige huidige sector berekenen, geven we indicatief ook de CO₂-beprijzing alsof de volledige huidige sector niet verduurzaamd zou zijn. In dat geval zouden de lasten voor CO₂-beprijzing ongeveer 1,5 miljard per jaar zijn. Gezien de onzekerheid in de inschatting van de lasten, interpreteren we dit als zijnde vergelijkbaar met de toename in de lasten van 1,2 miljard. Opnieuw geldt bij een nationale CO₂-heffing van 350 €/ton dat de lasten voor CO₂-beprijzing ongeveer verdubbelen. Dit zijn zeer hoge lasten in verhouding tot de historische winst. Bedrijven zullen deze extra kosten niet betalen en zullen verduurzamen of vertrekken.

Verduurzamen is alleen lonend wanneer de gestegen kosten in zekere mate kunnen worden terugverdiend of worden ondersteund. Dat laatste is op diverse manieren mogelijk en moet ertoe leiden dat de extra lasten door verduurzaming te dragen zijn. Dat kan bijvoorbeeld door ondersteuning in CAPEX, energieprijzen of nettarieven. Dit is mede afhankelijk van de ontwikkeling van de ETS1 prijs, omdat die emissiereductie al rendabeler maakt en vanuit EU steunkaders hiermee rekening wordt gehouden. De sector opereert op mondiale schaal en concurreert met bedrijven binnen en buiten Europa. Binnen Europa geldt het ETS1, waardoor alle Europese bedrijven met dezelfde lastenstijgingen te maken krijgen. Echter zolang de sector geen bescherming zoals CBAM kent, loopt de sector het risico niet te kunnen concurreren met bedrijven in andere werelddelen die zonder of met lagere CO₂-beprijzing opereren. Voor de nationale CO₂-heffing geldt in zeer sterke mate dat deze niet aan klanten kan worden doorberekend, omdat omringende landen geen dergelijke heffing kennen. We schatten het weglekrisico van deze heffing hoog.

Impact van weglek op het energiesysteem

Uit bovenstaande analyse blijkt dat voor de twee industriesectoren met de grootste restemissies in 2040 volgens PBL, raffinage en stoomkrakers, dat de toename in de lasten door verduurzaming nauwelijks opwegen tegen de gestegen lasten door het CO₂-heffing in pakket B en B+ en niet goed aan klanten doorberekend kunnen worden. We schatten in dat een vergelijkbare analyse gemaakt kan worden voor het resterende emissiedeel van de staalsector en voor de kunstmest sector. We achten de kans daarom zeer reëel dat deze bedrijven in 2035 of 2040 in het B pakket ervoor kiezen om de productie in Nederland te staken, tenzij zij ondersteund worden in hun verduurzaming. In het B+ pakketten zijn diverse regelingen in touw gebracht die bedrijven hierin moeten helpen en zien we een ook een daling in de lasten van bedrijven. Let op dat dit mede afhangt van de ontwikkeling van de ETS1 prijs. In welke mate deze regelingen weglek volledig of deels voorkomen is in het tijdsbestek van deze opdracht niet met voldoende zekerheid te berekenen.

In pakket B is er geen sprake van extra ondersteuning voor bedrijven (behalve diegene voortkomen uit huidig beleid). Het weglekrisico in dit pakket is het hoogst. Het verdwijnen van industriële

bedrijvigheid beïnvloedt de rest van het energiesysteem, omdat er bijvoorbeeld (veel) minder energie gevraagd wordt. Indien de beschreven sectoren in 2040 weg zouden gaan in plaats van zouden blijven, zou dit in het 2040 B pakket leiden tot een aanzienlijke daling in de finale vraag naar energie, met name olie, aardgas en elektriciteit. Door de verlaagde vraag naar elektriciteit zou er ook een forse emissiereductie plaatsvinden in de elektriciteitsvoorziening, omdat die in B nog voor een belangrijk deel door gascentrales wordt ingevuld. Tot slot zouden de lasten van bedrijven zoals besproken in het voorgaande hoofdstuk afnemen en zouden de inkomsten, bijvoorbeeld uit de energiebelasting, ook teruglopen.

Samengevat concluderen we dat het weglekken van bedrijven in met name het pakket B en in mindere mate het pakket B+ een hoge kans van optreden heeft. De emissiereductie op nationaal niveau zoals berekend in dit rapport is dan nog steeds correct, maar mondiaal nemen de emissies niet af. Bovendien zou de energievraag die is berekend een overschatting zijn, evenals de lastenberekening voor bedrijven.

Maakbaarheidsanalyse

Er zijn een aantal beleidsmaatregelen, die in de berekeningen in de vorige hoofdstukken niet goed konden worden meegenomen binnen het tijdsbestek van de opdracht. Dat neemt echter niet weg dat die beleidsmaatregelen wel degelijk invloed uitoefenen op bijvoorbeeld de mate waarin elektrificatie kan worden gerealiseerd, er invloed is van innovatie op emissiereductie en er een noodzaak is om extra gasgestookt regelbaar vermogen te hebben (strategische reserve of capaciteitsmechanisme) om te voorkomen dat nieuwe aansluitingen niet gerealiseerd kunnen worden of dat de stroom uitvalt als de piekstroomvraag toeneemt door verdere elektrificatie.

De vraag die we in dit hoofdstuk proberen te beantwoorden is welke invloed hebben transportschaarste/netcongestie, innovatie en leveringszekerheid op de emissies van de beleidspakketten. De hier gemaakte inschattingen kunnen gezien worden als correctie op de uitkomsten van de pakketten. Deze correcties zijn echter minder goed onderbouwd dan de doorrekeningen van de beleidspakketten, en alleen bedoeld als indicatie in welke mate de pakketten meer of minder resultaat kunnen opleveren in termen van emissiereductie.

Transportschaarste, netcongestie en het maakbaarheidsgat van netverzwaring

Momenteel is er al transportschaarste in bijna geheel Nederland. Transportschaarste is de verwachting dat het elektriciteitsnet te zwaar belast gaat worden in de toekomst. Netcongestie is een moment in de tijd dat de vraag of aanbod naar elektriciteit uitstijgt boven de maximale belasting van de kabels of transformatoren van het elektriciteitsnet. Bij transportschaarste komen bedrijven en huishoudens op een wachtrij als ze een zwaardere of nieuwe aansluiting willen. Bij netcongestie moeten gebruikers vrijwillig of gedwongen hun verbruik of aanbod van elektriciteit

beperken. Doen ze dat niet dan kan het elektriciteitsnet beschadigd raken en de stroom uitvallen. Zowel transportschaarste als netcongestie zetten een rem op de elektrificatie van de maatschappij. Oplossingen om stroomgebruik te vermijden of verplaatsen zijn gewenst, naast de noodzaak om het elektriciteitsnet op alle netvlakken (hoog-, midden- en laagspanning) te verzwaren.

Om de grootte van deze elektrificatie-rem te bepalen hebben we in overleg met de netbeheerders het volgende gedaan. We hebben de mate van elektrificatie in de vier pakketten vergeleken met de netbeheerders scenario's Koersvaste Middenweg (KM) voor 2030, 2035 en 2040 uit hun 2025 rapportage. De KM scenario's worden o.a. gebruikt bij het inschatten door de Netbeheerders van hoeveel netverzwaring er moet gaan plaatsvinden in de komende jaren. In de scenario's Koersvaste Middenweg wordt dus met opzet niet gekeken naar de effecten van transportschaarste of netcongestie maar juist naar wat er nodig is aan netverzwaring.

Het blijkt dat in alle doorgerekende scenario's voor de beleidspakketten de hoeveelheid elektriciteitsvraag inclusief elektriciteit export lager uitvalt dan in de Koersvaste Middenweg scenario's.

Dit is positief en betekent dat er geen "investeringsgat" is. De netbeheerders plannen dus investeringen in netverzwaring die voldoende zijn om elektrificatie uit de beleidspakketten mogelijk te maken. Er is echter wel een "maakbaarheidsgat". Niet alle netverzwaringen kunnen snel genoeg worden gerealiseerd en transportschaarste blijft nog jaren bestaan in veel gebieden en netcongestie kan ook optreden.

De inschatting is dat netverzwarrings-investeringen ervoor zorgen dat uitbreidingen op hoog- en middenspanningsniveau richting 2035 en zeker 2040 een minder grote rem zetten op elektrificatie dan in 2030.

We hebben bij de inschatting van de grootte van de rem op elektrificatie te maken met meerdere effecten die op elkaar inwerken. Ten eerste het toegenomen elektriciteitsgebruik door elektrificatie van de maatschappij, dit vergroot zonder verdere actie de rem. Ten tweede de netverzwaring die niet onmiddellijk maar uiteindelijk wel zal worden uitgevoerd door de Netbeheerders, dit verkleint de rem. Ten derde een reeks aan beleidsmaatregelen die de elektriciteitsnetten efficiënter benutten en op sommige momenten ontlasten. Deze kunnen al op kortere termijn en soms structureel zorgen voor een kleinere rem en minder of latere noodzaak tot netverzwaring.

Op ons verzoek hebben de Netbeheerders een inschatting gemaakt van het maakbaarheidsgat tegen deze complexe achtergrond. Zij doen dit met een aantal voorbehouden:

- De landelijke netcongestie situatie behoort tot een van de grootste maatschappelijke vraagstukken van deze tijd. Er zijn daarom veel initiatieven om netcongestie te verminderen of op te lossen. We hebben niet expliciet met deze maatregelen, incl. de maatregelen onder het Landelijk Actieplan Netcongestie (LAN), rekening gehouden.

- De inschattingen zijn hoog over schattingen, zonder nadere analyse van specifiek beleid op specifieke onderdelen van het energiesysteem.
- De schattingen zijn van toepassing voor beleidspakketten die nergens de NBNL scenario's - die ten behoeve van investeringsplanning worden ontwikkeld – overschrijden.
- Lokaal kan de uitwerking van de beleidspakketten flink verschillen.
- Vanwege de onzekerheden van de schattingen hanteren we bandbreedtes.

Onderstaande tabel geeft de geschatte bandbreedtes voor de grootte van de rem op elektrificatie in de jaren 2030, 2035 en 2040. Deze rem geeft aan welk deel van de elektrificatie in de scenario's additioneel aan het basispad, door netcongestie niet mogelijk is.

Tabel 7: Grootte van de rem op elektrificatie in verschillende jaren op verschillende netvlakken

Beperking elektrificatie per jaar en netspanningsniveau aansluiting	2030	2035	2040
HS/MS	20-50%	10-20%	0-10%
LS	20-30%	10-30%	0-10%

Voor ieder beleidspakket en ieder zichtjaar hebben we de extra elektrificatie berekend in PJ t.o.v. het basispad (per steekjaar). Vervolgens hebben we berekend op basis van bovenstaande beperkingspercentages hoeveel elektrificatie verhinderd wordt in de beleidspakketten in PJ. De uitkomsten daarvan staan in de tabel hieronder. Overigens heeft PBL in zijn analyse van het basispad al rekening gehouden met transportschaarste en netcongestie, dus de rem wordt hier alleen berekend op de extra elektrificatie door de beleidspakketten t.o.v. het basispad.

Tot slot hebben we bepaald hoeveel extra emissies er komen als deze extra elektrificatie niet kan plaatsvinden en de betrokken bedrijven en huishoudens door moeten gaan met hun huidige fossiele opties. Dat levert de volgende extra emissies op (zie tabel hieronder).

Tabel 8: Maakbaarheidsgat elektrificatie in PJ-elektrificatie verhinderd

Elektrificatie verhinderd door maakbaarheidsgat (t.o.v. basispad) [PJ]	2030	2035	2040
A	3 – 5	3 – 9	0 – 4
A+	6 – 13	5 – 14	0 – 5
B	3 – 6	9 – 21	0 – 9
B+	5 – 10	9 – 22	0 – 10

De verwachte additionele emissies doordat netcongestie een deel van de in de pakketten door-gerekende elektrificatie verhinderd is het grootste in het jaar 2035 en daalt naar 0 tot 1 Mton in 2040. Daarmee kan gesteld worden dat netcongestie niet tot wezenlijk andere emissie effecten van de beleidspakketten leidt.

Innovatie

In de komende jaren zal er ongetwijfeld innovatie zijn, deels uit het buitenland maar ook voor een deel als gevolg van de subsidieregelingen MOOI-, DEI- en EKOI. Het gaat hierbij om innovaties waarvan een niet te berekenen aantal tot daadwerkelijke commerciële realisatie zal komen en mee zal helpen aan het tot stand komen van de energietransitie. Op dit moment weten we

Tabel 9: Maakbaarheidsgat elektrificatie in Mton emissiereductie onmogelijk

Emissie effecten door verhinderde elektrificatie en terugval fossiel alternatief [Mton]	2030	2035	2040
A	0,5 – 0,7	0,5 – 1,5	0,0 – 0,8
A+	0,7 – 1,3	0,7 – 1,9	0,0 – 0,8
B	0,4 – 0,7	0,9 – 2,4	0,0 – 1,1
B+	0,4 – 0,9	1,0 – 2,5	0,0 – 1,1

echter niet welke innovaties dat precies zullen zijn. Enerzijds kunnen dat verbeteringen en/of kostendalingen voor bestaande commerciële technologieën zoals wind, zon en batterijen betreffen en anderzijds kan het gaan om nieuwe nog niet commerciële technologieën (zoals Thorizon).

Het idee is om de extra emissiereductie die het fiche met betrekking tot innovatie beschrijft, met enig conservatisme en met een bandbreedte vanwege de onzekerheid, over te nemen, ongeacht of de innovatie nu voortkomt uit deze regelingen of een innovatie uit het buitenland. De gehanteerde emissiereductie is dus geïnspireerd door de beleidsmaatregel maar de uiteindelijke schatting van de emissiereductie bandbreedte is een Kalavasta teaminschatting die breder gaat dan de subsidies.

Tabel 10: Inschatting emissiereductie door innovatie

Inschatting innovatie effecten op emissiereductie [Mton CO ₂ -eq]	2030	2035	2040
Extra Emissiereductie door innovatie o.a. MOOI, DEI en EKOI en buitenlandse innovaties	0 – 1	0 – 3	0 – 5

Leveringszekerheid

Door de toename van de piekstroomvraag door elektrificatie van de maatschappij gaat het aantal uren dat elektriciteit uit wind en zon en regelbaar vermogen en flex niet kunnen voldoen aan de totale elektriciteitsvraag toenemen. In de doorrekening van de pakketten zien we dit als blackout uren of uren met loss of load expected (LOLE) terugkomen. Om zeker te zijn dat de stroomvoorziening in Nederland niet uitvalt door gebrek aan elektriciteitsproductievermogen in Nederland en gebrek aan de mogelijkheid om voldoende stroom uit het buitenland te importeren, is het naar verwachting nodig om meer regelbare centrales beschikbaar te maken/houden als strategische reserve en/of via een capaciteitsmechanisme. Tennet geeft in de Monitor Leveringszekerheid aan dat stroomlevering vanaf het begin van de jaren 30 niet ieder uur meer kan worden gegarandeerd.

Het fiche Leveringszekerheid budgetteert alvast kosten voor een capaciteitsmechanisme of strategische reserve. Deze kunnen ervoor zorgen dat er meer piekcapaciteit, bijvoorbeeld in de vorm van gasgestookte centrales, zal worden ontsloten. In het geval van gasgestookte piekcentrales zullen deze slechts voor een beperkt aantal uren per jaar worden ingezet. Toch kan dit resulteren in additionele CO₂-uitstoot ten opzichte van waar nu rekening mee wordt gehouden in de doorerekende scenario's. Deze emissies proberen we hier te bepalen.

Om deze emissies in te schatten moeten we twee parameters bepalen: de extra capaciteit aan gasgestookte piekcentrales en het gemiddeld aantal draaiuren van deze centrales.

De extra capaciteit aan gasgestookte piekcentrales die nodig zijn om aan de leveringszekerheidseisen te voldoen wordt door Tennet uitgerekend in de Monitor Leveringszekerheid 2025. Tennet hanteert een LOLE norm van 4 uur per jaar. LOLE (Loss Of Load Expectation) is het aantal uur per jaar dat het elektriciteitsproductiepark naar verwachting niet aan de vraag kan voldoen. Gedurende deze uren moet een deel van de vraag worden afgeschakeld. In 2030 is naar verwachting 4,2 GW aan extra piekcapaciteit nodig, in 2035 stijgt dit naar 8,6 GW. Over 2040 doet Tennet geen uitspraak. Hierbij wordt geen rekening gehouden met import van elektriciteit gedurende uren met maximale tekorten. De beschikbaarheid van import gedurende deze momenten is namelijk erg onzeker, bijvoorbeeld door storingen van interconnectiecapaciteit met Engeland of Noorwegen, of door het achterblijven van de verwachte uitbouw van piekcentrales in Duitsland.

Vervolgens moeten we de verwachte draaiuren van deze extra centrales inschatten om te bepalen hoeveel extra emissies hierdoor worden geproduceerd. De draaiuren hangen sterk af van het type capaciteitsmechanisme. Bij een strategische reserve zullen de extra piekcentrales niet in de markt worden ingezet en hierdoor nauwelijks worden aangesproken. Bij een marktbreed capaciteitsmechanisme kunnen piekcentrales gewoon in de markt worden ingezet en zullen hierdoor meer draaiuren maken. Het aantal draaiuren van piekcentrales zal in de meeste scenario's echter beperkt blijven tot een paar honderd uur per jaar. Hier gaan we uit van 500 draaiuren per piekcentrale. Als wordt ingezet op gasturbines met een efficiëntie van 40%, resulteert dit in circa 1 Mton bij 4,2 GW extra piekcentrales in 2030 en ruim 2 Mton bij 8,6 GW extra piekcentrales in 2035. In 2040 is het wellicht mogelijk deze extra piekcentrales deels emissievrij te laten draaien. Mocht dat niet lukken dan zijn er wellicht nog hogere emissies dan in 2035.

Tabel 11: Inschatting additionele emissies door piekcentrales

Emissies piekcentrales [Mton CO ₂ -eq]	2030	2035	2040
Extra Emissies door piekcentrales t.b.v. leveringszekerheid	1	2	2 – 3

Totaal effect transportschaarste/netcongestie, innovatie en leveringszekerheid

De correctie op de pakketten in 2040 varieert van een extra emissiereductie van 3 Mton CO₂-eq. (onderin de bandbreedte) tot extra emissies van ongeveer 4 Mton in 2040 (boven in de bandbreedte). Daarbij is de verwachting dat deze leidt tot een lichte emissieverhoging. Uiteindelijk zijn de emissies in 2040 na maakbaarheidsanalyse waarschijnlijk redelijk vergelijkbaar met de emissies in 2040 zonder maakbaarheidsanalyse.

Tabel 12: Gecombineerd effect van transportschaarste/netcongestie, innovatie en leveringszekerheid op de emissies (positief is extra emissies, negatief is extra emissiereductie)

Delta emissies door effecten van transportschaarste/netcongestie, innovatie en leveringszekerheid [Mton CO ₂ -eq]	2030	2035	2040
A	0,5 – 1,7	-0,5 – 3,5	-3 – 3,8
A+	0,7 – 2,3	-0,3 – 3,9	-3 – 3,8
B	0,4 – 1,7	-0,1 – 4,4	-3 – 4,1
B+	0,4 – 1,9	0,0 – 4,5	-3 – 4,1

Conclusies

De vier beleidspakketten die hier doorerekend zijn resulteren allen in additionele emissiereductie ten opzichte van het basispad. Het Nederlandse ESR doel (zoals ingeschat door de werkgroep op basis van een overkoepeld EU-doel van 90% met 5% internationale kredieten) kan in alle pakketten gehaald worden, met vrij grote zekerheid in de B pakketten, grote waarschijnlijkheid in het A+ pakket en mogelijk in het A pakket. Het B+ pakket specifiek kent de grootste reductie en benadert de beoogde 90% emissiereductie in 2040. Het grootste verschil tussen de A pakketten en B pakketten zit in de restemissies van de industrie. Volgens het basispad gebaseerd op de KEV 2025 doorrekening is het ETS1 niet borgend, waardoor in het basispad en de A pakketten nog veel restemissies zijn. In de B pakketten geldt een nationale CO₂-heffing die leidt tot een sterke emissiedaling. Indien wordt aangenomen dat het ETS1 wel een borgend karakter heeft, zou de emissiereductie in het basispad en de A pakketten groter zijn door sterkere verduurzaming in de industrie, waardoor het verschil met de B pakketten afneemt.

Overheidswege resulteren de plus pakketten in hogere uitgaven voor de overheid, zoals begroot. Voor huishoudens voor hun warmtevoorziening leiden de plus pakketten in 2040 tot ongeveer 1 miljard euro/jaar (5%) aan extra lasten, maar de budgetneutrale pakketten tot 2 miljard euro/jaar (10%) hogere lasten dan in het basispad. Voor bedrijven leiden alle pakketten tot vergelijkbare lasten in 2040, maar de B pakketten in 2035 wel tot een lastenstijging van ongeveer 2 miljard euro/jaar (paar %) ten opzichte van het basispad. Hierbij moet echter benadrukt worden dat dit de totale lasten betreft; de lasten voor individuele huishoudens en bedrijven kunnen fors hiervan verschillen. Met name door de energiebelasting in de B-pakketten ontstaan daardoor forse verschillen tussen bedrijven en huishoudens die nog gebruikmaken van fossiele energiedragers en degene die al verduurzaamd hebben

Door deze lastenontwikkeling ontstaat er ook voor een weglekrisico in de industrie richting 2040. Een aanvullende analyse voor de raffinagesector en organische basischemie toont een substantiële lastenstijging door aanscherping van de CO₂-heffing, waardoor bedrijven waarschijnlijk ofwel verduurzamen ofwel vertrekken. Indien bedrijven de lasten van de nationale heffing niet kunnen doorberekenen of hiervoor niet gecompenseerd worden, is dat laatste waarschijnlijker. Daarmee luidt de conclusie dat er een hoog wegrisico is in pakket B en in mindere mate pakket B+, waar ook ondersteunende maatregelen voor de industrie voorzien zijn. Indien bedrijven inderdaad vertrekken, leidt dit tot lagere energievraag, transport, emissies van elektriciteitsproductie maar ook overheidsinkomsten via de energiebelasting.

In de bovenstaande uitkomsten zijn niet de effecten van de 'maakbaarheid' van de transitie meegenomen. We hebben een aanvullende analyse voor netcongestie, innovatie en leveringszekerheid gedaan. Richting 2040 kunnen de emissies zowel enkele megatonnen lager als hoger uit-

vallen door deze factoren, waarbij de verwachtingswaarde een lichte emissieverhoging is. Hiermee zijn de resultaten qua emissiereductie na maakbaarheidsanalyse niet wezenlijk anders dan zonder deze analyse.

In alle pakketten worden hiermee belangrijke stappen voor verdere emissiereductie en sectorale transformatie gezet, met ook aandacht voor financiële effecten. Zo bieden deze maatregelen, pakketten en analyse belangrijke bouwstenen om toe te werken richting een klimaatneutrale samenleving.

Tabellen bijlage

Totaal emissies

 Tabel 13: Emissies in Nederland per beleidspakket - totaal sectoren, Mton CO₂-eq

	2025	2030	2035	2040
Basispad	145	115	99	82
A	145	114	95	79
A+	145	111	86	67
B	145	111	84	48
B+	145	105	65	26
Doel Pakket B (90% tov 1990)				23
Doel 2030		103		

 Tabel 14: Emissies in Nederland per beleidspakket - ESR-sectoren, Mton CO₂-eq

	2025	2030	2035	2040
Basispad	85	68	56	47
A	85	65	51	40
A+	85	64	49	37
B	85	63	42	28
B+	85	63	42	27
Doel Pakket A (NLs ESR doel)				41

 Tabel 15: Negatieve emissies in 2040 per beleidspakket, Mton CO₂-eq

	Emissies	CCS	AVIs	BECCS	Netto
Basispad	95	-8	-4	0	82
A	91	-8	-4	0	79
A+	83	-9	-7	0	67
B	66	-14	-4	0	48
B+	51	-14	-5	-6	26

Emissies per sector

 Tabel 16: Emissies uit *energievoorziening* per beleidspakket, Mton CO₂-eq

	2025	2030	2035	2040
Basispad	23	14	16	16
A	23	15	18	18
A+	23	16	16	13
B	23	16	22	20
B+	23	12	8	2

Tabel 17: Emissies uit **industrie** per beleidspakket, Mton CO₂-eq

	2025	2030	2035	2040
Basispad	47	36	27	19
A	47	35	27	22
A+	47	33	22	18
B	47	34	20	-1
B+	47	33	17	-3

 Tabel 18: Emissies uit de **gebouwde omgeving** per beleidspakket, Mton CO₂-eq

	2025	2030	2035	2040
Basispad	17	17	14	12
A	17	15	11	8
A+	17	15	10	7
B	17	15	9	7
B+	17	16	9	6

 Tabel 19: Emissies uit **mobiliteit** per beleidspakket, Mton CO₂-eq

	2025	2030	2035	2040
Basispad	29	22	17	11
A	29	22	17	11
A+	29	22	17	11
B	29	21	13	7
B+	29	21	13	7

 Tabel 20: Emissies uit **landbouw en landgebruik** per beleidspakket, Mton CO₂-eq

	2025	2030	2035	2040
Basispad	29	26	24	22
A	29	26	22	20
A+	29	25	21	18
B	29	25	20	16
B+	29	25	19	15

 Tabel 21: Emissies uit **landbouw** per beleidspakket, Mton CO₂-eq

	2025	2030	2035	2040
Basispad	26	22	20	18
A	26	22	18	16
A+	26	21	18	15
B	26	21	16	12
B+	26	21	16	12

Lastenontwikkeling

 Tabel 22: *Totaal* jaarlijkse lasten per beleidspakket, mld. EUR (excl. BTW)

	2025	2030	2035	2040
Basispad	58	61	67	72
A	58	61	67	74
A+	58	61	68	75
B	58	61	68	73
B+	58	60	69	74

 Tabel 23: Netto jaarlijkse uitgaven **overheid** per beleidspakket, mld. EUR (excl. BTW)

	2025	2030	2035	2040
Basispad	0	0	0	0
A	0	-1	0	0
A+	0	4	5	6
B	0	-1	-2	0
B+	0	2	4	6

 Tabel 24: Jaarlijkse lasten **bedrijven** per beleidspakket (geannualiseerd), mld. EUR (excl. BTW)

	2025	2030	2035	2040
Basispad	47	48	52	55
A – na subsidie	47	48	51	55
A+ – na subsidie	47	48	52	55
B – na subsidie	47	48	54	55
B+ – na subsidie	47	49	54	55

 Tabel 25: Jaarlijkse lasten **huishoudens** per beleidspakket (geannualiseerd), mld. EUR (excl. BTW)

	2025	2030	2035	2040
Basispad	15	16	18	20
A – na subsidie	15	17	19	22
A+ – na subsidie	15	17	19	21
B – na subsidie	15	16	20	22
B+ – na subsidie	15	17	19	21

 Tabel 26: Jaarlijkse lasten **industriële bedrijven** per beleidspakket (geannualiseerd), mld. EUR (excl. BTW)

	2030	2035	2040
Basispad	13	15	17
A	13	15	17
A+	13	14	16
B	14	17	17

B+

14

17

17

Energieverbruik

 Tabel 27: Energieverbruik per drager in het *basispad*, PJ

	2025	2030	2035	2040
Elektriciteit	403	528	600	669
Aardgas	481	456	410	332
Warmte	207	176	176	166
Biomassa	55	107	59	41
Olie	621	484	395	310
Kolen	28	20	23	15
Waterstof	0	7	8	22
Geothermie	7	11	22	22
Thermische zon	1	2	3	3

 Tabel 28: Energieverbruik per drager in *Pakket A*, PJ

	2025	2030	2035	2040
Elektriciteit	403	544	627	704
Aardgas	481	421	349	252
Warmte	207	174	171	172
Biomassa	55	106	54	42
Olie	621	479	388	307
Kolen	28	20	23	15
Waterstof	0	8	8	25
Geothermie	7	13	22	22
Thermische zon	1	2	3	3

 Tabel 29: Energieverbruik per drager in *Pakket A+*, PJ

	2025	2030	2035	2040
Elektriciteit	403	560	653	718
Aardgas	481	403	326	227
Warmte	207	164	163	176
Biomassa	55	106	57	46
Olie	621	477	374	297
Kolen	28	20	23	15
Waterstof	0	7	9	28
Geothermie	7	13	23	22
Thermische zon	1	2	3	3

Tabel 30: Energieverbruik per drager in **Pakket B**, PJ

	2025	2030	2035	2040
Elektriciteit	403	546	687	764
Aardgas	481	417	294	200
Warmte	207	159	142	103
Biomassa	55	98	70	58
Olie	621	459	303	154
Kolen	28	20	22	6
Waterstof	0	7	22	58
Geothermie	7	13	16	22
Thermische zon	1	2	3	3

Tabel 31: Energieverbruik per drager in **Pakket B+**, PJ

	2025	2030	2035	2040
Elektriciteit	403	554	691	769
Aardgas	481	411	281	177
Warmte	207	156	141	118
Biomassa	55	99	73	61
Olie	621	458	305	153
Kolen	28	20	22	6
Waterstof	0	9	28	58
Geothermie	7	13	16	22
Thermische zon	1	2	3	3